
UC-NRLF
$B 75 314
Digitized by Google


Agric. Chemistry
REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received July, 1890
Accessions No. 41413 Shelf No.



RECHERCHES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIOLOGIE

APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE

ANALYSES

DE

MATIÈRES FERTILISANTES

ET ALIMENTAIRES

RECHERCHES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIOLOGIE

APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE

ANALYSES DE MATIÈRES FERTILISANTES ET ALIMENTAIRES

PAR

A. PETERMANN

Docteur en Sciences,
Directeur de la Station agricole expérimentale de l'État à Gembloux,
Professeur à l'Institut agricole de l'État,
Membre du Conseil supérieur d'Agriculture,
Associé de l'Académie royale agricole de Suède et de la Société nationale d'encouragement
à l'Agriculture de France, etc.

SECONDE ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

Avec figures dans le texte et trois planches lithographiées

BRUXELLES
G. MAYOLEZ, ÉDITEUR
13, rue de l'Impératrice, 13

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
120, Boulevard Saint-Germain, 120

1886

AVANT-PROPOS.

La *Station agricole expérimentale de Gembloux*, la première créée en Belgique en 1872 par l'Association pour la fondation de stations agricoles, vient de terminer la première période décennale de son existence. A cette occasion, il nous a paru utile de réunir en un volume les publications concernant les recherches expérimentales et les nombreuses analyses de produits intéressant l'agriculture, exécutées pendant ce laps de temps.

Les travaux de la Station ont été publiés soit dans le *Bulletin de l'Académie royale des Sciences*, soit dans le *Bulletin de la Station agricole de Gembloux*, soit enfin dans divers recueils périodiques du pays et de l'étranger (*Annales agronomiques* et *Centralblatt für Agriculturchemie* von Biedermann). Cependant les tirés à part des revues, les articles de journaux, les notes imprimées sur feuilles volantes se prêtent mal à la conservation et ne permettent pas la recherche rapide d'un travail que l'on voudrait consulter ou de l'analyse d'un produit dont on désirerait connaître la composition. De plus, le *Bulletin de la Station agricole de Gembloux* ayant été publié au fur et à mesure de l'achèvement des divers travaux, sans classification méthodique aucune des matières traitées, nous avons volontiers donné suite à la demande qui nous a été adressée de divers côtés et qui a été également faite au sein des assemblées générales de l'Association pour la fondation de stations agricoles, de réimprimer, sous forme de livre, tous les travaux de la Station de Gembloux, éparpillés dans diverses publications.

C'est le présent volume qui doit répondre à cette demande. Il comprend les travaux exécutés pendant les années 1872 à 1882. La table détaillée des matières en fera connaître le contenu, divisé en quatre parties :

I. Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture.
II. Analyses de matières fertilisantes.
III. Analyses de matières alimentaires.
IV. Travaux divers.

Nous nous bornons à ajouter que chaque travail porte en note la date de sa première publication. Toutes les analyses et tous les chiffres contenus dans ce livre ont été contrôlés à nouveau avec les registres d'analyses, et les calculs revus, afin d'éliminer toute erreur qui aurait pu se glisser dans leur première publication.

Dans l'exécution de ces divers travaux, nous avons été secondé par le concours des préparateurs-chimistes de la Station agricole, particulièrement de M. de Molinari, actuellement directeur du Laboratoire agricole de Liége, M. Zetterlund, maintenant directeur de la Station agricole d'Orebro (Suède), M. König, chimiste à la Station de Brême (Allemagne), et M. Warsage, encore attaché à la Station de Gembloux. MM. Friedburg, Simon, Delcour, Van den Berck, de Leeuw et Gillekens y ont également contribué. Nous tenons à citer tout spécialement M. Crispo, actuellement directeur du Laboratoire agricole de Gand, et M. Mercier, actuellement directeur du Laboratoire agricole de Hasselt, qui, l'un pendant près de cinq ans, l'autre pendant dix ans, ont pris la plus large part à l'exécution des recherches expérimentales et des travaux analytiques. Nous sommes heureux de rappeler ici le concours que tous ces messieurs nous ont prêté et de leur adresser tous nos remerciements.

Il nous est également agréable de remercier M. le

professeur Damseaux, qui a eu l'obligeance de bien vouloir suppléer à notre connaissance insuffisante de la langue française, lors de la première publication de nos recherches.

Nous offrons notre livre à l'attention bienveillante des personnes s'intéressant à l'agriculture, désireux que ces modestes travaux contribuent à convaincre les pouvoirs publics et les agriculteurs de l'utilité des stations agricoles expérimentales. « Hors de la science, point de salut. »

Gembloux, mars 1883.

L'épuisement de la première édition du présent ouvrage dans l'espace de quinze mois montre l'accueil favorable qu'il a rencontré dans le monde agricole et nous autorise à croire que nous y avons traité un certain nombre de questions offrant un intérêt réel pour l'agriculture. Notre livre, en effet, quoique n'ayant pas le caractère d'un manuel ou d'un traité où l'on trouve à se renseigner sur tous les sujets du ressort de la chimie agricole et ne se composant que d'un recueil méthodique de mémoires et d'analyses déjà publiés, a eu la bonne fortune rare de se répandre rapidement parmi les agriculteurs. Peut-on en inférer que le praticien, resté si longtemps indifférent, sinon même défiant vis-à-vis des résultats acquis au laboratoire et au champ d'expériences, commence enfin à s'y intéresser? Est-il arrivé à reconnaître que, seule, l'application des sciences aux problèmes agricoles peut avancer leur solution? Est-il parvenu à se convaincre que la connaissance des propriétés et de la composition des matières fertilisantes et alimentaires peut seule le guider dans leur emploi rationnel et lui procurer plus de bénéfices que toutes les protections artificielles?

Nous sommes tenté de le croire.

D'autres faits prouvent d'ailleurs incontestablement que

l'intérêt sympathique de tous se porte plus que jamais vers l'agriculture. En 1883, le Gouvernement, reconnaissant l'utilité publique de la Station agricole expérimentale de Gembloux et des Laboratoires agricoles de Gand, de Liége et de Hasselt, les a adoptés et transformés en établissements de l'État. Il a, en outre, créé, en 1885, avec le concours des provinces, trois nouveaux établissements du même genre à Anvers, à Mons et à Louvain.

Cette vive impulsion donnée à une institution si utile, d'une part, et, d'autre part, les efforts faits depuis quelques années pour le développement et l'extension de l'enseignement agricole, la création d'un ministère de l'agriculture, l'installation de champs de démonstration dans tous les coins du pays, l'organisation d'un service de professeurs nomades, tous ces faits ne démontrent-ils pas que les pouvoirs publics aussi reconnaissent de plus en plus l'impérieuse nécessité de faire sortir l'agriculture de la routine et de lui donner une base scientifique ?

La présente édition a été enrichie de nombreux travaux nouveaux : analyses de matières fertilisantes et alimentaires et d'autres produits intéressant l'agriculture; un mémoire sur le meilleur mode d'emploi des engrais artificiels appliqués à la betterave à sucre; un mémoire sur la maladie de la pomme de terre; la suite de nos recherches sur les gisements de phosphates en Belgique; la description détaillée du dosage de l'acide phosphorique dit assimilable, et une note sur la composition du sewage de Bruxelles.

Tous ces travaux ont été exécutés avec le concours dévoué de mes collaborateurs, MM. Warsage, actuellement directeur du Laboratoire agricole de Mons, Masson, Graftiau et de Marneffe, préparateurs-chimistes à la Station agricole expérimentale de l'État.

A. PETERMANN.

Gembloux, décembre 1885.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture.

II

SECONDE PARTIE.

Analyses de matières fertilisantes.

TROISIÈME PARTIE.

Analyses de matières alimentaires.

QUATRIÈME PARTIE.

Travaux divers.

ERRATUM.

Dans l'analyse de l'échantillon de plâtre phosphaté n° II (page 478), il faut lire 19.50, au lieu de 9 58.

PREMIÈRE PARTIE

RECHERCHES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIOLOGIE

APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE

I

RECHERCHES

SUR LA

DIALYSE DES TERRES ARABLES

RECHERCHES

SUR LA

DIALYSE DES TERRES ARABLES(1)

La découverte faite par Bronner (1836), de la propriété merveilleuse dont jouit la terre de retenir les matières nutritives des plantes qui traversent la couche arable sous forme de dissolution dans l'eau, fut complétée surtout par les travaux de Huxtable, Thompson, Way et Brustlein. Expliquée par Liebig, il fut réservé à celui-ci de reconnaître l'importance capitale que ce phénomène possède au point de vue de la physiologie végétale et de la pratique agricole. La démonstration nette du fait : que la *chaux*, la *magnésie*, la *potasse*, l'*acide phosphorique* et l'*ammoniaque* sont retenus par le sol arable, les uns par absorption physique, les autres par précipitation chimique, était le principal argument qui renversait l'idée, longtemps admise et parfois encore professée de nos jours, que les éléments nutritifs des plantes circulent dans le sol à l'état de dissolution. « C'est une erreur de croire qu'il existe quelque part dans le sol un liquide qui fournit tous les aliments nécessaires et de croire qu'ils doivent être dissous avant d'être absorbés par les plantes(2). » De nombreux travaux, notamment sur la composition des eaux de drainage, sur

(1) Publié dans le *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. III, n° 1.
(2) Éd. Morren, *Principes de physiologie végétale.*

la comparaison entre la quantité d'eau évaporée par les plantes et celle des éléments nutritifs assimilés par elles, et enfin sur l'impossibilité qu'il y a d'épuiser un sol par des lavages méthodiques, venaient puissamment à l'appui de la nouvelle théoric établissant que la plante ne puise pas sa nourriture dans une dissolution nutritive toute préparée, mais qu'elle se la prépare par le contact direct et intime de ses cellules, de réaction toujours faiblement acide, avec les particules de terre pralinées, pour ainsi dire, par une couche mince de matières nutritives, qui sont assimilées ensuite d'après les lois de la diffusion.

Les matières nutritives une fois absorbées par le sol arable ne se redissolvent que partiellement et seulement avec grande lenteur dans l'eau distillée et même dans l'eau chargée d'acide carbonique; donc, le chimiste, lorsqu'il entreprend l'analyse d'une terre, doit se servir d'acides forts pour arriver à les dissoudre, afin d'en permettre la séparation et le dosage. Cependant, l'emploi d'acides minéraux présente le grave inconvénient de dissoudre non seulement les éléments nutritifs fixés dans le sol par absorption physique ou précipitation chimique, mais aussi ceux qui s'y trouvent sous forme de combinaisons telles, que la plante ne puisse, au moins momentanément, en tirer aucun profit. Par conséquent, nous obtenons ainsi la somme totale des éléments nutritifs contenus dans un sol, sans distinction aucune de la partie immédiatement disponible et de la partie de réserve. Il en résulte que l'analyse chimique, telle qu'elle est appliquée maintenant, ne nous renseigne que très imparfaitement sur le degré de fertilité actuelle d'un sol.

Déjà en 1872, nous conçûmes l'idée de soumettre la terre arable à la dialyse. Nous espérions diriger dans une voie nouvelle les méthodes appliquées à l'étude du sol et arriver peut-être à établir une nouvelle méthode d'analyse. Afin de nous assurer la priorité de cette idée, nous l'avons com-

muniquée au congrès de 1872 des naturalistes allemands(1).

Au moment de reprendre les recherches que nous avons dû interrompre pour nous livrer à l'étude d'autres questions plus urgentes, nous demandons à l'Académie de pouvoir soumettre à son appréciation une première série d'essais entrepris avec le concours de MM. Friedbourg, Simon et Mercier. Les recherches de ce genre étant délicates et de très longue durée, nous avons pensé bien faire en publiant une première note, quoiqu'elle n'établisse, pour ainsi dire, que le point de départ de nos expériences actuellement en cours d'exécution et que nous nous trouvions encore, pour le moment, loin du but que nous poursuivons.

§ 1. — Essais préliminaires.

Avant de soumettre à la dialyse une série d'échantillons de terres analysés par la méthode ordinaire (éléments solubles dans l'acide chlorhydrique à froid), nous avons d'abord voulu constater par des essais qualitatifs si la terre arable cède par dialyse à travers une membrane végétale les éléments nutritifs qu'elle renferme. Ces essais préliminaires avaient également pour but de nous renseigner sur la meilleure disposition à adopter pour nos expériences.

Dans un vase en verre de 0m.30 de diamètre et de 0m.15 de hauteur, nous avions suspendu un cercle en gutta-percha à bord renforcé, sur lequel était tendue une feuille de papier dialyseur lavée auparavant à l'eau distillée. A l'intérieur de l'appareil étaient étalés 150 grammes de terre de jardin, préalablement séchée à l'air; à l'extérieur de la membrane se trouvait de l'eau distillée jusqu'à la hauteur du papier. L'appareil, bien couvert, est resté monté pendant dix jours (du 8 au 19 juillet 1872) dans une

(1) *Landw. Versuchsstationen*, 1872, p. 465.

place à température peu variable. Le liquide qui, peu à peu, s'était coloré en jaune, fut, après filtration, évaporé au bain-marie dans une capsule en platine. Incinéré à douce chaleur, le résidu de l'évaporation avait l'odeur caractéristique des *matières organiques* brûlées et il laissait un dépôt de charbon. En évaporant de nouveau avec l'acide chlorhydrique et reprenant par l'eau légèrement acidulée, nous avons obtenu un liquide aux réactions suivantes :

1° Avec l'oxalate d'ammoniaque : *chaux;*

2° Avec le ferrocyanure de potassium, coloration verte, qui peu à peu passe au bleu : *fer* (au minimum);

3° Avec le nitromolybdate d'ammoniaque, point de précipité, même point de coloration ;

4° Évaporé, repris par l'eau, additionné de chlorure de platine et d'alcool, point de précipité. Concentré de nouveau, additionné d'une nouvelle quantité d'alcool, il se déposait au fond du tube quelques cristaux de chloroplatinate de potassium, parfaitement visibles et donnant la réaction spectrale : *potasse ;*

5° Avec la brucine et l'acide sulfurique, réaction nette d'*acide nitrique;*

6° Tout le liquide obtenu d'une seconde expérience, faite absolument dans les mêmes conditions, donnait, après évaporation avec l'acide chlorhydrique, de la silice se dissolvant et se volatilisant complètement avec une goutte d'acide fluorhydrique : *silice;*

7° Le filtrat de la silice (totalité du liquide) montrait une réaction très faible d'*acide sulfurique.*

Ayant cherché, sans succès, dans le premier essai, l'acide phosphorique, nous avons installé un essai spécial pour la recherche de ce corps important. En employant 150 grammes de la même terre et en consacrant tout le liquide à cette réaction, nous avons réussi, après avoir séparé la silice avec grand soin, à obtenir un léger précipité de phosphomolybdate d'ammoniaque, se dissolvant

dans l'ammoniaque et donnant avec la mixture magnésienne, après quelques heures de repos, du phosphate ammoniaco-magnésien : *acide phosphorique.*

Les résultats de ces essais préliminaires nous engageaient à poursuivre nos recherches, tout en indiquant qu'il fallait agir avec des précautions spéciales, vu les faibles quantités d'éléments entrant en jeu, et afin d'éliminer les nombreuses causes d'erreur qui pouvaient nuire à l'exactitude de nos expériences. Nous avions donc, avant tout, à nous rassurer sur ce point.

§ 2. — Les erreurs inévitables de l'expérience.

Le papier dialyseur (parchemin artificiel) cède sans cesse, à l'eau distillée avec laquelle il est en contact, des matières organiques et des matières minérales. Aucun des papiers que nous avons essayés ne se montrait irréprochable sous ce rapport, même lorsqu'ils avaient été lavés par des acides faibles et ensuite rincés avec une grande quantité d'eau distillée. Reconnaissant l'impossibilité de nous procurer du papier dialyseur ne cédant rien à l'eau, nous avons pris le parti de fixer une fois pour toutes l'erreur à laquelle cette difficulté nous exposait et d'établir ainsi une correction aux résultats bruts obtenus par l'expérience. Un bon nombre de feuilles de papier dialyseur ont été soigneusement lavées à l'eau distillée et séchées ensuite avec précaution. Une de ces feuilles a été tendue sur l'anneau du dialyseur et laissée pendant dix jours en contact avec l'eau distillée. Cette eau, évaporée au bain-marie, laissait, après dessiccation à 110° C , un résidu de 0gr.0074, se composant de 0gr.0050 de matières organiques et de 0gr.0024 de matières minérales. Dans toutes les expériences dont il sera rendu compte plus loin, le chiffre trouvé pour les matières organiques a donc été diminué de 0gr.0050 et celui des matières minérales totales de 0gr.0024. La matière minérale cédée à l'eau distillée par

le papier dialyseur étant presque exclusivement composée de chaux, nous avons appliqué cette rectification à la chaux seule dans chaque cas où il nous a été possible de faire l'analyse complète des matières dialysées.

Nous avions pensé d'abord d'établir également une correction pour l'eau distillée, qu'il est impossible de préparer absolument pure. 2 litres de notre eau distillée évaporés dans une capsule en platine laissaient, en effet, quelques taches de résidu ; mais la correction résultant de l'impureté de l'eau distillée n'atteignant pas 1 milligramme par 100 grammes de terre à soumettre à la dialyse, nous y avons renoncé. Nous avons également négligé les traces de matières minérales que l'eau peut dissoudre du verre du dialyseur. La durée du contact n'étant, dans tous nos essais, que de dix jours et l'eau n'agissant ici qu'à la température ordinaire, l'attaque n'est pas assez forte pour permettre, avec quelque chance d'exactitude, un dosage des matières dissoutes.

Mais il nous restait à éliminer deux causes d'erreur beaucoup plus sérieuses que les précédentes. La gutta-percha dont on confectionne ordinairement le cercle du dialyseur et la ficelle dont on se sert pour fixer la membrane étaient absolument impropres à nos expériences de dialyse. Ces substances cédant continuellement à l'eau avec laquelle elles sont en contact des matières minérales et des matières organiques, nous avons fait construire des anneaux en verre et une longue bande de platine pour fixer le papier dialyseur. De ces diverses améliorations est résulté l'appareil suivant.

§ 3. — Le dialyseur.

Le vase *A* (fig. 1) de 28.5 centimètres de diamètre recevait, pour chaque essai, 1 litre d'eau distillée. Le cercle *B*, représenté en coupe, avait 5 millimètres d'épais-

seur, une hauteur de 10 centimètres et un diamètre de 24 centimètres. Son bord renforcé *a.....a* portait le papier dialyseur, serré contre la paroi du verre par une bande de platine *b.....b* de 1 centimètre de largeur, de 1 millimètre d'épaisseur et de 76 centimètres de longueur. Ce cercle en platine était fortement tendu par un gros fil du même métal passant par les trous des deux extrémités de la bande de platine et que l'on serrait avec des pinces. Le cercle en verre était percé à sa partie supérieure de trois trous donnant passage aux fils de platine *c.....c* et permettant ainsi de maintenir tout le système à une hauteur voulue, c'est-à-dire assurant le contact de la membrane et de la surface du liquide sans que la première plongeât

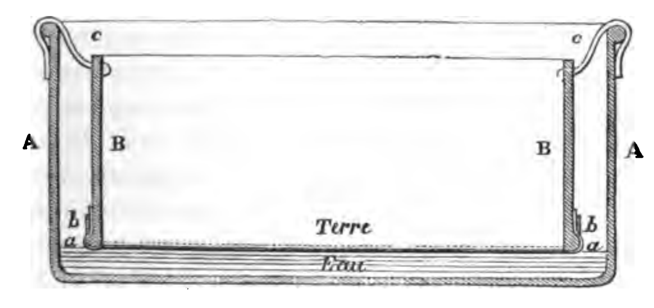


Fig. 1.

réellement dans l'eau. Cette position était maintenue pendant toute la durée de l'expérience et l'on avait soin d'ajouter, tous les deux à trois jours, quelques gouttes d'eau distillée afin de remplacer l'eau évaporée. Tout l'appareil était continuellement couvert d'une cloche en verre.

§ 4. — Les matières minérales et les matières organiques du sol passent par dialyse a travers une membrane végétale.

La première question que nous nous sommes posée a été celle-ci : *Les matières nutritives des végétaux contenues*

dans le sol arable passent-elles par dialyse à travers une membrane végétale? Pour élucider cette question, nous avons soumis à l'expérience qualitative et quantitative un grand nombre de terres d'origine géologique et, par conséquent, de compositions différentes. Ces essais, faits du mois de juillet 1872 au mois d'avril 1874, ont porté chaque fois sur 100 grammes de terre fine, passée à travers un tamis à mailles de 1/2 millimètre; on a réparti ensuite, aussi uniformément que possible, cette terre sur le papier dialyseur, à l'aide d'un pinceau. Chaque prise d'essai a été séchée pendant 24 heures à 105° C. Les premières expériences ayant été entreprises avec de la terre séchée seulement à la température ordinaire, nous avons souvent constaté l'inconvénient de la production de végétations, de moisissures (*Penicillium* et *Aspergillus*) se montrant sur la terre placée dans le dialyseur. Quelquefois le papier dialyseur même se couvrait de champignons. En desséchant la terre à 105° C., en rinçant avant chaque essai tout l'appareil à l'eau bouillante et en recouvrant d'une cloche le dialyseur immédiatement après l'avoir rempli, nous avons, dans la plupart des cas, évité cet inconvénient. Du reste, le liquide dialysé a toujours été soigneusement filtré avant d'être évaporé, afin de retenir les végétations qui auraient pu se développer malgré toutes les précautions prises.

Nous n'avons pas l'intention de rendre compte de chacun des nombreux essais qualitatifs exécutés; les résultats étaient toujours les mêmes. Le liquide dialysé donnait régulièrement et avec la plus grande facilité les réactions de l'*acide nitrique*, de la *chaux*, de la *magnésie*, du *fer*, de la *potasse*, de la *soude* et de la *silice*. Pour démontrer nettement la présence de l'*acide sulfurique*, il a toujours fallu employer le liquide à l'état concentré, et pour constater le *chlore* et l'*acide phosphorique*, nous avons souvent été obligé de concentrer les liquides réunis de plusieurs essais. Nous n'avons jamais réussi à démontrer

la présence de l'ammoniaque, même avec le réactif sensible de Nessler, quoique les terres expérimentées en renfermassent des proportions facilement dosables. Il est plus que probable que l'oxygène dissous dans l'eau du dialyseur s'est immédiatement emparé de l'ammoniaque passée par la membrane pour la transformer en acide nitrique.

Tous les sols, sans exception, laissaient passer en abondance des matières organiques qui coloraient en jaune clair le liquide du dialyseur, en brun foncé le liquide évaporé, et qui se brûlaient en dégageant une odeur ressemblant à celle du caramel, avec dépôt de carbone. Dans quelques cas où le liquide dialysé était à la fois riche en nitrates et en matières organiques, l'incinération du résidu de l'évaporation devait être conduite avec les plus grandes précautions : l'oxydation des matières organiques se faisait avec une telle énergie que la masse prenait feu. On sait, du reste, que les matières organiques du sol possèdent une aptitude toute particulière à se combiner à l'oxygène ; c'est ainsi que M. Muntz(1) a rencontré constamment de l'alcool dans le sol arable.

Nous ne nous sommes pas contenté de constater qualitativement le passage des matières nutritives du sol à travers une membrane, nous avons soumis à l'expérience quantitative six des terres étudiées.

Nous publierons l'analyse complète de ces terres, faite d'après la méthode ordinaire, lorsque nous serons arrivé à la discussion de la relation qui existe entre la composition du sol et celle de la partie qui passe par dialyse de ce même sol.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XCII, p. 499.

100 grammes de terre fine ont laissé passer par dialyse pendant dix jours :

	SABLONNEUSE (Bruges).	SABLO-SCHISTEUSE (Ardennes).	CALCARO-SCHISTEUSE (Ciney).	SABLO-ARGILEUSE (Gembloux).	ARGILO-SABLONNEUSE (Volhynie).	ARGILO-SABLONNEUSE (Moldavie).
	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.
Matières organiques (1)	0.0328	0.0125	0.0660	0.1811	0.0255	0.0384
Chaux			0.0561	0.0444	0.0092	
Magnésie			0.0049	»	»	
Potasse.	0.0416	0.0287	0.0215	0.0126	0.0084	0.1536
Silice			0.0156	0.0228	0.0078	
Acide phosphorique (2) .			0.0008	0.0020	traces	
	0.0744	0.0412	0.1649	0.2629	0.0509	0.1920

Les chiffres de ce tableau confirment nettement les résultats des essais qualitatifs. Le poids total des matières dialysées pendant dix jours est relativement considérable : il a varié, pour les six terres soumises à l'expérience, de 41 à 263 milligrammes. Le poids des différents éléments dont se compose la somme des matières dialysées est suffi-

---

(1) En ce qui concerne l'opération du dosage des matières organiques, nous renvoyons à ce que nous disons dans la troisième note sur les phosphates belges.

(2) Ces chiffres ont été obtenus en réunissant les liquides dialysés de trois essais; ces liquides ont été précipités par le molybdate d'ammoniaque, après concentration et après séparation de la silice; 300 grammes de terre nous ont donné 0gr.0037 de pyrophosphate de magnésie.

samment élevé pour qu'il ne puisse exister le moindre doute ni sur leur nature, ni sur leur dosage. Le fait le plus remarquable de cette série d'essais, c'est la forte proportion de matières organiques qui ont passé par dialyse. Si on l'exprime en pour cent de la matière totale dialysée, on trouve les chiffres suivants :

44.1 pour le sol sablonneux ;
30.3 pour le sol schisteux ;
39.9 pour le sol calcaro-schisteux ;
68.9 pour le sol sablo-argileux ;
50.1 et 20.0 pour les sols argilo-sablonneux.

L'étude de la matière organique susceptible de dialyser est l'objet de nos recherches actuelles. Elle est évidemment des plus complexes, si l'on tient compte des nombreux corps qu'ont signalés les chimistes qui ont étudié la matière organique du sol; mais ces corps « sont encore peu caractérisés et différenciés » [1]. La matière organique capable de dialyser doit être différente du groupe des combinaisons humiques; car, d'après les belles recherches du savant doyen de la faculté des sciences de Nancy, M. Grandeau, la matière noire extractible par l'ammoniaque de tout sol cultivé ne traverse ni la membrane végétale morte, ni la paroi cellulaire de la plante vivante [2]. Les essais faits dans notre laboratoire par M. Simon [3] et ceux de M. Detmer [4] établissent également que ni l'acide humique, ni l'humate d'ammoniaque ne traversent la membrane végétale. Mais si M. Grandeau avait soumis à la dialyse le *sol même* au lieu d'opérer sur l'*extrait ammoniacal en résultant*, lequel

---

(1) Melsens, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. XXXIX, p. 85.
(2) Deuxième mémoire : *Sur le rôle des matières organiques du sol dans les phénomènes de la nutrition*, p. 21.
(3) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. XXXIX, p. 125.
(4) Biedermann's *Centralblatt*, 1872, p. 9.

ne peut renfermer qu'une partie du mélange complexe constituant la matière organique du sol, extrait qui, au fond, n'a été obtenu qu'après une altération profonde du sol(1), il aurait certainement constaté comme nous que le sol arable renferme en abondance une matière organique susceptible de traverser par diffusion la membrane végétale(2).

Sans nous laisser entraîner à conclure dès maintenant que ce qui a lieu pour le papier dialyseur doit, par analogie, avoir lieu pour la membrane de la cellule végétale, nous constatons cependant que les résultats de nos essais sont conformes aux travaux de M. Risler(3). Ce savant, reprenant les recherches de Th. de Saussure, conclut, contrairement à la principale thèse de la théorie minérale de Liebig, que les végétaux puisent une partie de leur carbone directement dans la nourriture organique du sol. On sait, du reste, qu'il existe, même parmi les végétaux supérieurs, des exceptions à la loi de Liebig. Les plantes appartenant à certaines familles se nourrissent de matières organiques(4), lesquelles doivent nécessairement traverser la membrane cellulaire du végétal. D'ailleurs, on a aussi constaté, par observation microchimique, que certains corps organiques peuvent être assimilés par la cellule végétale, sans décomposition préalable, et il paraît résulter des travaux de M. Stutzer(5) que l'on peut remplacer l'acide

---

(1) Pour préparer la *matière noire*, M. Grandeau traite le sol par l'eau acidulée, avant de l'épuiser par l'ammoniaque.

(2) Nous sommes heureux de pouvoir ajouter que M. Grandeau, sur la demande que nous lui avions adressée, a bien voulu répéter une de nos expériences avec le *sol naturel* et qu'il est arrivé aux mêmes conclusions que nous. Nous avons, d'ailleurs, eu l'occasion de faire un de nos essais en présence de M. Melsens, membre de l'Académie.

M. Dehérain a également répété nos expériences de dialyse en obtenant des résultats identiques aux nôtres.

(3) *Archives de la Bibliothèque de Genève*, 1858.

(4) V. Mayer, *Agriculturchemie*, p. 72.

(5) Biedermann's *Centralblatt*, 1877, p. 37.

carbonique de l'air par certaines substances organiques (acide tartrique, glycérine) qui, ajoutées au sol, contribuent directement, sans oxydation préalable, à l'augmentation de la matière sèche des végétaux.

Nous terminons notre première note sur la dialyse du sol arable par les deux conclusions suivantes :

1° *Le sol arable cède à l'eau distillée dont il est séparé par une membrane végétale les substances nutritives suivantes : chaux, magnésie, oxyde de fer, potasse, soude, chlore, acide sulfurique, acide silicique, acide phosphorique et acide nitrique* (1) ;

2° *Le sol arable renferme des matières organiques qui passent facilement par diffusion à travers une membrane végétale.*

Nous espérons pouvoir bientôt soumettre à l'Académie la suite de nos recherches.

---

(1) Il y a quelques mois, M. le professeur Sestini, de l'Université de Pise, a eu l'obligeance de nous envoyer une notice extraite du *Giornale di Farmacia e Chemica* (Turin, août 1861), de laquelle il résulte qu'il a constaté que, lorsqu'on enfonce dans un sol des cylindres en argile poreuse remplis d'eau, cette eau renferme, après un certain temps, du fer, de la chaux, de la magnésie, de l'acide sulfurique et des alcalis. Il n'a pas pensé à poursuivre ces essais, ni à les appliquer à l'analyse des terres, ni à rechercher le passage des matières organiques, question capitale au point de vue de la nutrition végétale. (*Note ajoutée à la seconde édition.*)

II

LES GISEMENTS

DE PHOSPHATES EN BELGIQUE.

LES

GISEMENTS DE PHOSPHATES EN BELGIQUE.

PREMIÈRE NOTE (1).

Poudingue de la Malogne. — Craie grise de Ciply.

L'Académie royale des sciences de Belgique a publié dans ses recueils diverses notes sur les phosphates du pays. J'espère qu'elle voudra accueillir avec bienveillance la courte notice que j'ai l'honneur de lui présenter.

Aussitôt que l'importance des matières minérales dans la nutrition des plantes fut démontrée, de nombreuses recherches analytiques furent entreprises par les chimistes de tous les pays pour fixer la quantité des éléments minéraux renfermés dans les récoltes. Les chiffres obtenus et mis en comparaison avec la composition des sols arables révélèrent, surtout en ce qui concerne l'acide phosphorique, une disproportion considérable entre les quantités exportées par les récoltes et celles contenues dans la terre, soit naturellement, soit introduites par le fumier.

Rappelons-nous qu'une récolte moyenne de :

1600 kil. de froment	renferme	13.6 kil.	d'acide	phosphorique (2).
1500 kil. de seigle	»	12.6	»	»
12000 kil. de pommes de terre	»	19.2	»	»
32000 kil. de betteraves à sucre	»	16.0	»	»

La quantité d'acide phosphorique constatée dans les

---

(1) Publiée dans le *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. XXXIX.

(2) *La composition moyenne des principales plantes cultivées*, par A. Petermann. Bruxelles, 3me édition.

terres de différentes origines géologiques varie de 0.01 à 0.5 p. c. D'après les analyses faites à la station agricole, le sol de Bruges renferme 0.013 p. c. d'acide phosphorique, le sol arable de Gembloux 0.065 p. c. et la terre noire de Volhynie 0.078 p. c.

N'oublions pas qu'il existe, mais comme rare exception, par exemple dans le nord de la France, des terres tellement riches en phosphates que, d'après M. Corenwinder et M. Kuhlmann, les engrais phosphatés y sont complètement inefficaces.

Ce fait, comme, du reste, beaucoup d'autres, parle en faveur de l'utilité de l'essai chimique des sols arables et démontre, en outre, à quelles pertes le cultivateur s'expose en se fiant aux formules d'engrais auxquelles des fabricants intéressés voudraient donner une valeur générale. Nous l'avons dit bien souvent et nous le répétons encore : le choix approprié des engrais auxiliaires dépend des circonstances les plus variées, de la nature chimique et de la constitution physique des sols, non moins que de leur mode d'exploitation.

Les cultivateurs intelligents commencent à comprendre la loi de la restitution et reconnaissent la nécessité d'acheter des engrais phosphatés pour compléter l'action du fumier de ferme et pour prévenir ainsi l'épuisement du sol.

Depuis longtemps, les nombreux produits provenant des os (poudre d'os, cendre d'os, noir animal) ont été employés et, dans ces derniers temps, il s'est trouvé parfaitement prouvé qu'ils ne suffiraient plus à la demande croissante; mais heureusement des sources riches de phosphates minéraux (apatite, phosphorite, wavellite, coprolithes, nodules) furent découvertes en Espagne, en France, en Allemagne, en Angleterre, en Norwège, en Russie et en Belgique, de sorte que la crainte de voir l'agriculture un jour privée de cette précieuse matière a disparu.

Dès 1860, des fouilles furent commencées en Belgique,

mais ces recherches n'eurent guère de succès. On constata bien que l'acide phosphorique est très répandu en Belgique, on trouva bien sur plusieurs points du pays des calcaires et des tuffeaux phosphatés et même des coprolithes et des apatites, mais point de gisement de phosphates abondants, facilement et avantageusement exploitables et dont la richesse en matières fertilisantes fût de nature à en permettre l'emploi loin des lieux d'extraction.

On connaît, en effet, les découvertes de M. Dor à Ramelot, de M. Dethier à Baelen, de M. Bortier à Ghistelles et de M. Lambert à Louvain.

J'ai recherché la présence des phosphates dans beaucoup de produits calcaires naturels et je l'ai constatée dans les pierres calcaires de Saint-Amand et d'Heppignies (canton de Gosselies), dans celles de Ligny, Bossières et Isnes (canton de Gembloux) et dans de petites concrétions argilo-calcaires (de la grosseur d'un pois et souvent réunies par cinq ou six) qu'un cultivateur a trouvées dans les environs d'Orval (Florenville, Luxembourg), en ouvrant une tranchée qui devait servir à placer un drain collecteur.

J'ai, en outre, trouvé de l'acide phosphorique dans le tuffeau de *Folx-les-Caves* et dans les nodules recueillis par M. Malaise, au mois de juillet 1873, près d'*Orp-le-Grand* (Brabant). Ils ressemblent tout à fait aux nodules qui, mélangés à un riche assortiment de fossiles, se trouvent empâtés dans du carbonate de chaux et forment ainsi un conglomérat auquel on a donné le nom de *poudingue de la Malogne*. Ce poudingue, dont les couches, d'une épaisseur très variable, se trouvent surtout sur le territoire des communes de *Cuesmes* et de *Ciply* (Hainaut), a été, jusque dans ces derniers temps, le seul gisement de phosphate de chaux de quelque importance connu en Belgique. Déjà en 1858, M. Le Hardy de Beaulieu, après avoir rencontré dans la chaux d'Obourg « des rognons d'un brun clair, renfermant beaucoup de phosphate de chaux et un

peu de fluorure de calcium »[1], supposa l'existence du phosphate de chaux dans les nodules du poudingue de la Malogne. MM. Cornet et Briart confirmèrent cette prévision en 1866; mais ce n'est qu'en 1872 que MM. de Cuyper et Gendebien, d'une part, et M. Desailly, d'autre part, commencèrent leur exploitation. J'ai reçu le premier échantillon de nodules d'un poudingue provenant de la faille de Pry, au mois d'août 1872. Enlevés de leur gangue, ils titraient 19.42 p. c. d'acide phosphorique anhydre. Je dois à M. Malaise un second échantillon qui a été analysé en 1873 et qui renfermait 21.44 p. c. d'acide phosphorique.

La première analyse complète de nodules belges a été faite au laboratoire de la station agricole au mois de mars 1873 et a été publiée au commencement de cette année dans une brochure que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie[2]. Cette analyse a révélé la composition suivante pour l'échantillon séché à 100° C. qui, à l'état naturel, renfermait 0.81 p. c. d'humidité.

1. Composition des nodules du poudingue de la Malogne.

Chaux	51.22
Magnésie	1.30
Oxyde de fer et alumine	2.56
Potasse	0.21
Soude	0.53
Acide carbonique	18.61
Acide sulfurique.	1.36
Acide phosphorique.	22.48
Acide silicique	1.14
Insoluble dans les acides	0.22
Matières organiques, traces de fluor et de chlore (non dosé)	0.37
	100.00

(1) *Mémoires et publications de la Société des sciences du Hainaut*, 1858-1859, page 221.

(2) *Les engrais chimiques et les matières fertilisantes à l'exposition universelle de Vienne*, 1873.

Un autre échantillon, que nous devons à M. Melsens, recueilli à l'exploitation établie au cimetière gallo-romain, est moins riche en acide phosphorique, mais renferme une quantité relativement considérable de matières organiques.

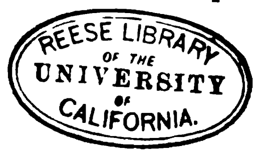
2. Composition des nodules du poudingue de la Malogne.

(Cimetière gallo-romain.)

Chaux	51.28
Oxyde de fer et alumine	0.64
Potasse	0.51
Soude	1.55
Acide carbonique	24.06
Acide sulfurique.	0.03
Acide phosphorique.	15.10
Acide silicique	0.03
Insoluble dans les acides	1.70
Chlore.	0.01
Matières organiques.	4.34
Traces de magnésie et de fluor (non dosé) . .	0.75
	100.00

La poudre de ces nodules, chauffée dans un tube d'essais, montre, dans l'obscurité, surtout lorsqu'on remue le tube, une phosphorescence très visible et très belle, mais plus jaune et moins brillante que la lumière verte que l'on observe lorsqu'on chauffe les phosphorites d'Espagne.

J'appelle l'attention sur le chiffre très élevé (4.34) de matières organiques ; pendant leur destruction par la chaleur, elles dégagent une odeur rappelant celle de poils brûlés. Il me semble nécessaire d'ajouter que la matière organique a été dosée par calcination des nodules phosphatés, séchés préalablement à 100° C. ; mais j'ai eu soin d'humecter le résidu de la calcination, après la destruction complète de la matière organique, par une dissolution de carbonate d'ammoniaque, lequel a été ensuite expulsé à une très douce chaleur. De cette manière, on transforme en carbonate la faible partie de chaux vive qui aurait pu se former pendant la calcination et l'on ne s'expose pas à



compter comme matière organique une perte en acide carbonique. La matière organique renferme de l'azote et l'on peut même constater, dans les nodules, de l'ammoniaque toute formée, en chauffant légèrement la poudre avec de la magnésie.

Le fer indiqué dans l'analyse comme oxyde se trouve dans les nodules au minimum d'oxydation. La poudre des nodules bruts, traitée par l'acide chlorhydrique, donne une solution d'abord sans réaction sensible au ferrocyanure de potassium; mais, peu à peu, au fur et à mesure que le fer s'oxyde, le liquide prend une coloration bleu-foncé.

Tandis que le fluorure de calcium fait partie de la constitution des apatites, les nodules n'en renferment que des quantités minimes. Ils se distinguent, au surplus, par l'absence complète d'iode, que l'on trouve surtout dans les phosphates d'Espagne en quantités très appréciables.

J'ai fait digérer à froid pendant vingt-quatre heures 200 grammes de poudre de nodules avec une solution de soude; j'ai filtré et concentré le liquide; mais je n'ai pas obtenu la moindre réaction, ni avec de l'eau de chlore et le sulfure de carbone ou le papier d'amidon, ni enfin avec l'acide nitrique chargé de vapeurs nitreuses.

Pendant le premier quart d'heure de l'évaporation, il se dégageait de l'ammoniaque en quantité relativement considérable, provenant de la réaction de la soude sur des matières organiques azotées.

M. Nivoit[1] a tout récemment analysé un échantillon de poudingue; il y a constaté 20.35 p. c. d'acide phosphorique anhydre. En calculant la moyenne d'après les titres que j'ai trouvés et en considérant l'analyse de M. Nivoit, *on peut fixer la teneur moyenne des nodules du poudingue de la*

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. LXXIX, 1874, p. 256.

Malogne à 19.75 *p. c. d'acide phosphorique anhydre, ce qui correspond à* 43.11 *p. c. de phosphate de chaux tribasique.*

Je tiens à ajouter que tous les essais qualitatifs et les dosages de l'acide phosphorique ont été faits à l'aide du nitromolybdate d'ammoniaque, après avoir séparé par évaporation la silice de la solution acide.

Il est difficile de prévoir, par suite de la grande variation d'épaisseur des gisements, si les nodules du poudingue de la Malogne suffiront longtemps aux exigences de l'industrie et de l'agriculture. M. Cornet est d'avis que ce dépôt ne pourra fournir à l'industrie de notables quantités de phosphate de chaux pendant de longues années. Heureusement les infatigables recherches de MM. Cornet et Briart ont amené la découverte d'une nouvelle source de phosphate de chaux vraiment inépuisable(1).

Ces messieurs ont, en effet, le grand mérite d'avoir démontré que la « craie grise de Ciply », sur laquelle reposent les gisements du poudingue de la Malogne, est constituée par un mélange de grains de phosphate de chaux et de carbonate de chaux.

Au point de vue de sa composition chimique, la craie grise offre un grand intérêt, et M. Melsens a présenté récemment à l'Académie(2) un mémoire sur cette matière, lequel renferme une série d'observations importantes au point de vue chimique, industriel et agricole.

J'ai reçu, en novembre 1873, de M. Laduron, de Saint-Ghislain, les premiers échantillons de la craie grise et du phosphate de chaux extrait de cette matière; je dois, en outre, un bon nombre d'échantillons à l'obligeance de M. Melsens.

Ces échantillons, pris sur des points fort différents et à diverses profondeurs du gisement, ont été analysés

---

(1) *Bull de l'Acad roy. de Belgique*, t. XXXVII, n° 6, 1874.
(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVIII, n° 7, 1874.

dans le but de pouvoir calculer le titre moyen en phosphate de chaux de ce dépôt d'une immense valeur pour l'agriculture du pays.

3. Composition de la craie grise brute de Ciply.

1. *Échantillon reçu de M. Melsens (juin 1874), mélange de plusieurs morceaux de craie plus ou moins riches en grains phosphatés; séchés à 100° C., perte 0.66 p. c. d'eau.*

Matières organiques	2.83
Chaux	53.24
Magnésie	0.12
Oxyde de fer et alumine	1.01
Potasse et soude	0.19
Acide carbonique	28.10
Acide sulfurique	0.89
Acide phosphorique	11.66
Silice et sable	1.96
Traces de fluor et de chlore	. .
	100.00

2. *Pauvre en grains phosphatés*	10.60	p. c. d'acide phosphorique anhydre.	
3. *Pauvre en grains phosphatés*	9.27	»	»
4. *Très riche en grains phosphatés*	13.90	»	»
5. *Fragments peu cohérents.*	10.87	»	»
6. *Fragments peu cohérents.*	11.62	»	»
7. *Fragments peu cohérents.*	10.87	»	»
8. *Analyse de M. Nivoit* (1)	11.13	»	»

En examinant les chiffres précédents, *on peut fixer le titre moyen de la craie grise de Ciply à* 11.25 *p. c. d'acide phosphorique anhydre, ce qui correspond à* 24.56 *p. c. de phosphate de chaux tribasique.*

Ces chiffres sont tirés de huit analyses faites avec différents échantillons, renfermant au *minimum* 9.27 p. c. d'acide phosphorique = 20.24 p. c. de phosphate de chaux tribasique, et au *maximum* 13.90 p. c. d'acide phospho-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des scineces de Paris*, t. LXXIX, 1874, p. 258.

rique=30.54 p. c. de phosphate de chaux tribasique. Ces chiffres montrent toute l'importance qu'on doit attribuer à la découverte de MM. Cornet et Briart.

J'ai dit plus haut que la craie grise est constituée par un mélange peu cohérent de grains bruns phosphatés et de carbonate de chaux. Ce fait a engagé M. Melsens à essayer une séparation par un simple lavage à grande eau. Les résultats de nos expériences démontrent les avantages qu'on peut retirer de cette manière d'opérer.

Premier essai. — J'ai délayé, dans un verre à pied, 40 grammes de craie grise en morceaux non écrasés (séchés à 100° C.) avec 1/4 de litre d'eau; j'ai agité énergiquement pendant une demi-minute et, après avoir laissé déposer pendant une minute, j'ai décanté le liquide surnageant, qui tenait en suspension une poudre d'un jaune sale. Cette opération a été répétée huit fois; j'ai donc employé en tout 2 litres d'eau. Les deux dernières lévigations donnaient un liquide à peine opalin. Le dépôt, formé des grains phosphatés dont la densité est plus élevée que celle du carbonate de chaux, pesait, séché à 100° C., 31^{gr}57. Ce qui revient à dire qu'il y a eu :

Entraîné par l'eau	21.1 p. c.
Et en dépôt	78.9 —
	100.0

Deuxième essai. — 150 grammes de craie grise ont été traités tout à fait comme dans l'essai précédent. Mais, cette fois, la craie a été employée après avoir été réduite en poudre grossière; on a eu soin de faire cette opération sous une très légère pression du pilon, afin de ne pas écraser les grains phosphatés, ce qui est essentiel. Le résidu, séché à 100° C., pesait 110 grammes.

Entraîné par l'eau	26.7 p. c.
Dépôt.	73.3 —
	100.0

Les eaux de lavage provenant de la première décantation ont une légère réaction alcaline; elles déposent, mais très lentement, une poudre jaune d'une finesse extrême, qui n'est que du carbonate de chaux renfermant de la matière organique, mais qui ne contient point de phosphate de chaux, lorsqu'on a eu soin de laisser déposer au moins une minute avant de décanter le liquide du lavage. La poudre entraînée par l'eau (folle farine), séchée à 100° C., forme des croûtes happant à la langue, qui sont tout à fait semblables à celles qu'on obtient lorsqu'on a séché l'argile après en avoir séparé le sable, dans l'analyse mécanique des terres. Ce dépôt renferme 94.48 p. c. de carbonate de chaux.

Passons maintenant à l'examen du dépôt de lavage formé pour la plus grande partie par des grains phosphatés de la craie grise de Ciply.

4. Composition de la craie grise de Ciply lavée à grande eau.

Échantillon préparé avec la craie brute dont l'analyse se trouve plus haut.

Matières organiques	4.40
Chaux	52.00
Oxyde de fer et alumine	1.29
Potasse et soude	0.28
Acide carbonique	24.32
Acide sulfurique	0.92
Acide phosphorique	15.19
Silice et sable	1.60
Traces de magnésie, de fluor et de chlore	
	100.00

En comparant l'analyse complète de ces grains avec l'analyse précédente des nodules du poudingue de la Malogne[1], on est frappé de la concordance de la composition de ces deux produits. Le fait que les nodules du pou-

(1) Voir page 24.

dingue et les grains de la craie ne se distinguent que par leurs dimensions, puisqu'ils ont la même composition chimique, nous semble également intéressant au point de vue géologique. Le phosphate de chaux du poudingue de la Malogne et de la craie grise a, comme on doit l'admettre, son origine dans l'action séculaire des eaux pluviales chargées d'acide carbonique, qui ont fini par dissoudre le phosphate de chaux et les phosphates alcalins d'immenses accumulations de végétaux et d'animaux morts, ainsi que de déjections et de débris organiques de toute espèce. Mais, en admettant cette hypothèse, quelle est alors l'influence mécanique qui a déterminé l'accumulation du phosphate de chaux sous forme de nodules ayant parfois la grosseur du poing, empâtés avec des débris roulés de roches crétacées, dans un ciment calcaire, d'une part, tandis qu'il forme, d'autre part, un mélange de tout petits grains (nodules microscopiques) associés à des grains carbonatés, mélange qui est inférieur au poudingue?

Nous abandonnons aux géologues l'explication de ce phénomène pour fixer spécialement notre attention sur le titre en acide phosphorique de la craie lavée à grande eau.

Outre le produit dont nous avons fait une analyse complète, nous avons encore analysé trois échantillons provenant de différentes préparations; ils titraient

I.	14.20	p. c. d'acide phosphorique anhydre.
II	15.17	» » »
III.	15.24	» » »

D'après les analyses précédentes, la craie grise lavée à grande eau renferme, en moyenne, 15 p. c. d'acide phosphorique anhydre (33 p. c. de phosphate de chaux tribasique). Comme le titre moyen de la craie brute est de 11 p. c. d'acide phosphorique anhydre (24 p. c. de phosphate de chaux tribasique), on voit que l'on peut augmenter d'un tiers la richesse en acide phosphorique de la craie grise de Ciply

par un simple lavage à grande eau. On peut donc, par cette opération, en porter le titre presque au même taux que celui des nodules du poudingue. Ce fait est très important, si l'on considère que, probablement, le poudingue de la Malogne se trouvera bientôt épuisé(1).

Il était intéressant d'essayer si, par l'emploi de l'acide chlorhydrique, on ne parviendrait pas à enlever une partie notable du carbonate de chaux et à enrichir de cette façon la craie grise en phosphate de chaux. A première vue, rien ne paraît plus simple que d'employer une dose d'acide chlorhydrique un peu inférieure à la quantité nécessaire pour attaquer tout le carbonate de chaux contenu dans la craie lavée, en admettant que l'acide chlorhydrique saturerait d'abord le carbonate de chaux et ménagerait le phosphate de chaux, si l'on avait seulement soin de maintenir toujours un excès de carbonate. Mais il n'en est pas ainsi : l'acide chlorhydrique attaque, dès le commencement de la réaction, des quantités considérables de phosphate de chaux, comme l'expérience suivante le démontre.

100 grammes de craie brute séchée à 100° C. ont été lavés d'abord à l'eau; on a procédé de la manière indiquée plus haut. Le dépôt a été lavé ensuite avec 2 litres d'eau à laquelle on avait ajouté une quantité d'acide chlorhydrique inférieure à celle qui aurait été nécessaire pour la complète dissolution du carbonate de chaux. On a versé chaque fois 1/4 de litre de l'eau acide sur la craie et l'on a recueilli séparément les eaux de lavage de chaque opération. Toutes, même celles de la première opération, contenaient du phosphate de chaux dissous en quantité considérable. Les dépôts provenant de ces différents lavages ont été séchés à 100° C. et analysés. Voici les chiffres obtenus :

La craie brute employée titrait 65.79 p. c. de carbonate et 23.62 p. c. de phosphate; somme = 89.41 p. c.

(1) Ce qui est arrivé en effet.

La craie brute lavée à grande eau titrait 56.50 p. c. de carbonate et 33.27 p. c. de phosphate; somme = 89.77 p. c.

La craie brute traitée par l'acide chlorhydrique, qui dissout simultanément le carbonate et le phosphate de chaux, titrait 46.34 p. c. de carbonate et 40.70 p. c. de phosphate; somme = 87.04 p. c.

J'aurais pu continuer l'expérience en employant de nouvelles quantités d'acide et j'aurais certainement obtenu des produits de plus en plus riches en acide phosphorique; mais les chiffres précédents sont complètement suffisants pour démontrer l'attaque du phosphate de chaux par l'acide chlorhydrique, même en présence d'un grand excès de carbonate de chaux. Il est évident, en effet, que, si l'acide chlorhydrique enlevait à la craie seulement du carbonate de chaux, comme cela arrive en employant l'eau, la somme du carbonate et du phosphate contenus dans les produits du lavage à l'eau et à l'acide devait rester la même, parce que la diminution du carbonate produit une augmentation proportionnelle en phosphate de chaux. Il en résulte clairement que l'on fait une perte assez considérable de l'élément phosphaté dont le titre détermine la richesse ou la valeur vénale et agricole du produit. Nous croyons donc, comme M. Melsens, que la quantité de phosphate de chaux dissous en même temps que le carbonate est trop considérable pour que l'opération puisse se faire dans de bonnes conditions industrielles. Cette manière d'opérer ne serait possible que dans le cas où l'on découvrirait un procédé économique qui permettrait de travailler les eaux de lavage pour en fabriquer quelque phosphate(1) ou en séparer l'acide phosphorique même. Mais, en attendant cette découverte, on perdrait beaucoup d'acide phosphorique; en outre, la décharge de centaines de mille mètres cubes d'eau saturée de chlorure

(1) Ces eaux de lavage pourraient être utilisées dans la fabrication du phosphate précipité.

de calcium occasionnerait un véritable embarras à l'usine qui entreprendrait d'enrichir en acide phosphorique la craie grise de Ciply en la traitant par l'acide chlorhydrique.

N. B. Pendant la rédaction du présent travail, nous avons reçu communication d'une découverte de M. G. Lambert.

Vu le prochain épuisement du poudingue de la Malogne dans les environs de Ciply, la découverte à Ghlin (7 kilomètres N.-O. de Ciply) de nodules phosphatés, nous paraît d'une grande importance. M. Lambert a pris ces nodules pour les représentants du poudingue de la Malogne; notre analyse confirme complètement cette supposition.

L'échantillon de ces nodules que M. Lambert a bien voulu nous adresser avait la composition suivante :

Eau et matières organiques.	6.39	
Carbonate de chaux . . .	40.55	
Phosphate de chaux . . .	47.63	correspondant à 21.82 p. c. d'acide phosphorique.
Sulfate de chaux	3.19	
Silice	0.31	
Magnésie, chlore, alcalis, non dosés	1.93	
	100.00	

LES

GISEMENTS DES PHOSPHATES EN BELGIQUE

SECONDE NOTE (1).

« *Pierres dures* » *et Tuffeau de Ciply.* — *Utilisation agricole de la craie grise de Ciply.*

Dans une première note insérée dans le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, t. XXXIX, du mois de novembre 1874, nous avons pu établir, basée sur de nombreuses analyses, la compositien moyenne du *poudingue de la Malogne* et de la *craie grise de Ciply.*

Aujourd'hui, nous pouvons donner la suite de nos recherches concernant d'abord la composition chimique des autres produits formant le remarquable gisement de Ciply, découvert par MM. Cornet et Briart et étudié par M. Melsens et par nous, et ensuite l'utilisation des phosphates de Ciply au point de vue agricole. En considérant, d'une part, que le dépôt de Ciply, pour ainsi dire inépuisable, est toujours encore le seul gisement phosphaté en Belgique dont l'exploitation soit possible ; que, d'autre part, l'importation des phosphates étrangers augmente graduellement avec l'extension considérable que prend l'emploi des engrais phosphatés, on comprend que l'utilisation des phosphates du terrain crétacé du Hainaut est une question capitale pour l'agriculture belge.

La craie grise et le poudingue de la Malogne sont infé-

---

(1) Publié dans les *Mém. couronnés et autres publications de l'Acad roy. de Belgique*, 1878.

rieurs à une roche calcaire, poreuse, friable, appelée *tuffeau de Ciply* ou *pierre blanche* (craie de Maëstricht). La partie inférieure du tuffeau est mélangée à des pierres calcaires brisées, « pierres dures, pierres perforées », constituées par une roche jaunâtre beaucoup plus dure et d'une texture plus fine que le tuffeau. On y rencontre souvent des coquilles de belemnites et aussi de petits nodules de phosphates. Il nous a semblé intéressant, au point de vue de l'étude de l'ensemble du dépôt de Ciply, de soumettre à l'analyse les pierres dures, la chaux qu'on en fabrique et le tuffeau.

5. — Composition des « pierres dures » de Ciply.

Échantillon moyen formé d'un grand nombre de morceaux que nous devons à l'obligeance de M. Melsens.

Eau et matières organiques	3.00
Chaux	53.03
Acide carbonique	36.11
Acide phosphorique	5.98
Silice et sable	1.62
Traces d'oxyde de fer, de magnésie, d'alcalis, d'acide sulfurique et perte	0.26
	100.00

La matière organique des « pierres dures » ressemble à celle de la craie grise : elle est goudronneuse et se brûle en laissant un dépôt de charbon. En combinant les acides aux bases, l'analyse révèle 82.07 p. c. de carbonate de chaux et le titre élevé de 13.05 p. c. de phosphate de chaux tribasique.

Depuis longtemps, ces pierres sont transformées sur les lieux en *chaux vive*, laquelle est utilisée par l'agriculture, sans qu'on en ait connu le titre en acide phosphorique, qui, par suite de la perte en acide carbonique pendant la calcination, a naturellement augmenté.

6. — Composition de la chaux vive provenant des « pierres dures » de Ciply.

Matière obtenue par la calcination des pierres dures au feu de forge. — L'échantillon moyen employé à l'analyse a été chauffé au soufflet jusqu'à poids constant.

Chaux	84.72
Magnésie	1.24
Oxyde de fer	1.67
Soude	0.64
Potasse	0.27
Acide phosphorique	8.86
Acide sulfurique	0.79
Silice et sable	1.81
	100.00

Si nous n'avons pu constater dans la solution acide des « pierres dures » que des traces indosables de *magnésie* et d'*alcalis*, celle de la chaux nous a fourni, par contre, plus de 1 p. c. de magnésie et près de 1 p. c. d'alcalis. Il est donc probable que ces bases se trouvent dans la roche calcaire sous forme de silicates inattaquables par l'acide chlorhydrique, mais rendus solubles par la calcination en présence d'un fort excès de chaux vive.

7. — Composition du « tuffeau » de Ciply.

Eau et matières organiques	2.80
Chaux	54.14
Acide carbonique	42.44
Acide phosphorique	0.10
Silice	0.41
Traces de magnésie, d'acide sulfurique et perte	0.11
	100.00

En combinant l'acide phosphorique à la chaux et en transformant la chaux restante en carbonate, on trouve un titre de 96.46 p. c. de carbonate de chaux et 0.22 p. c. de phosphate de chaux tribasique. M. Donny, qui a déjà analysé

le tuffeau de Ciply[1], y a constaté 96.00 p. c. de carbonate de chaux et 1 p. c. de phosphate de chaux; le titre en acide phosphorique de ce produit doit nécessairement varier suivant qu'il renferme plus ou moins de petits blocs de pierres dures qui sont, comme nous venons de le démontrer plus haut, assez riches en phosphate. Nous croyons devoir attirer l'attention sur le titre si faible en acide phosphorique du tuffeau formant la partie supérieure de trois couches très riches en phosphate : *craie grise*, *poudingue de la Malogne*, *pierres dures*. La pauvreté du tuffeau en acide phosphorique confirme d'ailleurs parfaitement l'opinion de MM. Cornet et Briart[2], que le tuffeau de Ciply s'est déposé après la formation du poudingue de la Malogne. En effet, si la formation du tuffeau avait eu lieu en même temps, il est évident qu'en se solidifiant, celui-ci aurait retenu des débris roulés qui forment la plus grande partie du poudingue et il en serait résulté nécessairement un titre plus élevé en acide phosphorique.

En considérant l'ensemble de nos analyses des produits du dépôt de Ciply, il résulte qu'au point de vue de leur teneur en acide phosphorique nous devons les classer de la manière suivante :

1. Tuffeau de Ciply . . .	0.10	p. c.	d'acide phosphorique.
2. Pierres dures	5.98	—	—
3. Craie grise	11.25	—	—
4. Poudingue de la Malogne.	19.75	—	—

Les pierres dures sont transformées en chaux dont l'agriculture se sert déjà; quant au poudingue, dont le gisement montre d'ailleurs une épaisseur et une richesse variables, il est, en beaucoup d'endroits, déjà complètement épuisé; reste

(1) *Traité de minéralogie*, par C. Malaise, 1re édit., p. 288.
(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVII, n° 6, 1874.

donc la *craie grise de Ciply* dont l'assise renferme, au-dessus de la nappe d'eau souterraine, d'après les évaluations de MM. Cornet et Briart, près de 14 1/2 millions de mètres cubes de roche en place. La quantité de phosphate de chaux tribasique contenue dans cet immense dépôt est tellement colossale qu'elle suffirait, comme M. Melsens[1] l'a calculé pour montrer l'importance de la découverte de la craie grise, à pourvoir au système osseux de plus de deux fois la population humaine du monde entier, estimée à 1,000,000,000 d'hommes. Nous ajouterons que cette quantité de phosphate de chaux correspond à l'acide phosphorique contenu dans 40,000 millions de kilogrammes de blé.

L'utilisation du phosphate de chaux fossile par l'agriculture peut avoir lieu sous trois formes :

I. A l'état de phosphate brut;
II. — de superphosphate de chaux;
III. — de phosphate de chaux précipité.

C'est donc sous ces différents rapports que nous avons dû étudier la craie grise et c'est aussi sous ces trois points de vue que nous allons classer les résultats des expériences que nous avons entreprises en 1875, 1876 et 1877, dans le but de trouver le meilleur mode d'utilisation agricole de l'immense gisement de Ciply.

CHAPITRE I.

L'EMPLOI AGRICOLE DE LA CRAIE GRISE A L'ÉTAT BRUT.

Les excellents résultats obtenus depuis une trentaine d'années par l'emploi direct, sans préparation préalable, du *phosphate d'os* et du *noir animal* ont engagé différents agronomes à recommander l'emploi à l'état brut du phos-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVIII, n° 7, 1874.

phate de chaux fossile, dès la découverte des premiers gisements de phosphorites et de coprolithes en Europe. La solubilité des phosphates minéraux dans l'acide carbonique, prouvée par MM. Bobierre, Karmrodt, Dehérain, dans différentes solutions salines, démontrée par MM. Dietrich et Koenig, dans les acides ulmiques par MM. Knop, Grandeau et Simon, et dans les tas de compost en fermentation par M. Heiden et par nous(1), permet, en effet, de prévoir que l'acide phosphorique des phosphates fossiles devient dans le sol peu à peu assimilable par les végétaux. Il y a cependant à considérer que la décomposition du phosphate fossile est extrêmement lente en dehors de quelques cas spéciaux, tels que dans les sols des landes récemment défrichées et dans les terrains tourbeux. Il existe, en effet, certaines espèces de tourbes qui possèdent à un haut degré la propriété de rendre les phosphates naturels solubles, et cela à la faveur de l'acide sulfurique libre qu'elles renferment(2). Mais la lenteur avec laquelle se fait, en général, l'assimilation des phosphates fossiles explique pourquoi leur emploi agricole est très rarement payé par l'excédent de récolte qu'ils produisent.

En étudiant la craie grise de Ciply au point de vue des chances qu'elle présente à l'emploi agricole, nous devions tout d'abord examiner comment elle se comporte envers l'eau, les solutions des sels que l'on rencontre dans le sol et dans le fumier et envers les sels que l'on emploie en agriculture simultanément avec les engrais phosphatés. Ces essais préliminaires étaient d'autant plus nécessaires qu'il était à supposer que le phosphate de Ciply, vu son titre extrêmement élevé en carbonate de chaux, doit plus difficilement céder son acide phosphorique que les phosphates naturels, moins riches en carbonate de chaux.

(1) *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 10.
(2) Holdefleiss, *Landw. Jahrbücher*, 6 Bd., 1877.

A. — Recherches sur la solubilité de la craie grise dans les solutions salines (1).

Nous avons procédé comme suit dans ces essais : 10 grammes de craie grise ont été laissés du 12 avril 1875 au 20 octobre 1877 en contact avec un litre du liquide dissolvant; le tout était placé dans des bouteilles parfaitement bouchées. Ces bouteilles, conservées à la température ordinaire d'une salle non chauffée, ont été fréquemment agitées. Les dissolvants expérimentés étaient : 1° l'eau distillée chargée d'acide carbonique, et 2° l'eau distillée contenant par litre 1 gramme des sels suivants : le chlorure, le sulfate, le carbonate et le nitrate de potassium; le chlorure et le nitrate de sodium; le sulfate et l'humate d'ammoniaque, sels qui se rencontrent tous dans le sol et dans le fumier et auxquels on attribue généralement la propriété de faciliter la dissolution des phosphates. Nous avons ajouté l'oxalate d'ammoniaque, parce que ce sel a été conseillé pour servir à l'appréciation de l'assimilabilité relative des phosphates minéraux. Avant l'emploi, ces différents sels ont été épurés par plusieurs cristallisations, puis desséchés à 100° C. Nous avons également mis 10 grammes de craie de Ciply en contact avec 1 litre de purin, afin de nous assurer du pouvoir dissolvant que celui-ci pouvait exercer; on sait, en effet, qu'il a été souvent recommandé de jeter des phosphates minéraux dans la fosse à purin ou de faciliter leur dissolution en les associant au fumier. Le purin employé provenait de la ferme de l'Institut agricole de l'État; il a été préalablement passé à travers un grand filtre en papier, afin de séparer toutes les matières phosphatées insolubles qu'il aurait pu tenir en suspension. Le purin filtré titrait 0gr.145 d'acide phosphorique par litre.

(1) Ces essais ont été faits avec le concours de M. Crispo.

Les bouteilles ont été ouvertes le 12 juillet 1875 et le 20 octobre 1877; on a enlevé chaque fois 400 c.c. du liquide, on a filtré jusqu'à complète limpidité, concentré jusqu'au volume de 30 à 40 c.c., puis précipité la liqueur acide par le nitromolybdate d'ammoniaque; l'acide phosphorique a été pesé à l'état de pyrophosphate de magnésie. Pour l'humate d'ammoniaque et le purin, on a évaporé à siccité le volume mesuré et, après avoir calciné légèrement, on a repris par de l'acide nitrique étendu, filtré et précipité l'acide phosphorique dans le filtrat. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant :

100 c. c. des solutions contiennent en acide phosphorique :

	Le 12 avril 1875 (commencement de l'essai).	Le 12 juil. 1875.	Le 20 oct. 1877.
	gram.	gram.	gram.
1. Eau distillée chargée d'acide carbonique . .	point	point	point
2. Chlorure de potassium.	point	0.0002	0.0008
3. Sulfate de potasse . .	point	0.0002	0.0007
4. Carbonate de potasse .	point	0.0004	0.0003
5. Nitrate de potasse . .	point	0.0002	0.0001
6. Chlorure de sodium. .	point	0.0001	0.0008
7. Nitrate de soude . .	point	0.0001	0.0001
8. Sulfate d'ammoniaque.	point	0.0001	0.0002
9. Oxalate d'ammoniaque.	point	0.0003	0.0001
10. Humate d'ammoniaque.	point	point	point
11. Purin.	0.0145	0.0088	0.0001

Les chiffres de ce tableau se passent de commentaires; même dans les conditions favorables de contact dans les-

quelles les solutions salines et le phosphate se sont trouvés pendant les expériences précédentes, la quantité d'acide phosphorique rendu soluble est insignifiante, elle atteint presque les dernières limites appréciables à l'analyse chimique.

C'est le purin qui nous offre le résultat le plus remarquable de cette série d'essais :

La quantité d'acide phosphorique qu'il renfermait était primitivement par 100 c. c. . . . . . . 0.0145 gr.;
au bout de trois mois, il n'en titrait plus que 0.0088 gr.,
et au bout de trente mois . . . . 0.0001 gr.

Ainsi donc, non seulement le purin n'a point dissous d'acide phosphorique, mais le carbonate de chaux contenu dans le phosphate a complètement précipité l'acide phosphorique qui s'y trouvait primitivement (1).

Cette réaction constatée, nous avons cherché sous quel état l'acide phosphorique se trouvait précipité : à l'état tribasique ou bibasique. On sait que les deux phosphates sont insolubles dans l'eau, mais le dernier se distingue du phosphate tribasique par sa solubilité dans le citrate d'ammoniaque(2). Nous avons donc séparé par filtration le phosphate qui se trouvait en contact avec le purin, déplacé par l'eau le liquide adhérent et séché à 100° C..... 6 grammes de ce produit ont été traités par 100 c. c. d'une solution neutre de citrate d'ammoniaque d'une densité de 1.09 à une température de 30 à 40 degrés; mais le filtrat ne renfermait aucune trace d'acide phosphorique. L'acide phosphorique

---

(1) Ritthausen (*Landw. Versuchsstationen*, 1877, p. 402) vient de constater également qu'une solution d'acide phosphorique peut être complètement précipitée par le carbonate de chaux finement divisé. Il considère le précipité obtenu comme du phosphate bicalcique; cependant il n'a pas démontré sa solubilité dans le citrate d'ammoniaque.

(2) La solubilité du phosphate bibasique a été démontrée par Warington. Cette réaction a été employée par Frésénius et Neubauer, par Joulie et par nous à la séparation du phosphate bibasique du tribasique, telle qu'elle se présente dans l'analyse des engrais phosphatés (Voir plus loin).



du purin a donc été précipité à l'état tribasique par le carbonate de chaux dont le phosphate de Ciply est accompagné.

Ce résultat a une haute importance pour l'emploi agricole des phosphates bruts. Il prouve que l'on se fait illusion en comptant sur le pouvoir dissolvant du purin, que l'opération de jeter des phosphates minéraux riches en carbonate de chaux dans la fosse à purin dans le but d'augmenter le titre en acide phosphorique de celui-ci produit précisément l'effet contraire à celui qu'on en attend. Et même si l'on voulait se prévaloir de ce que le purin est toujours enlevé de la fosse après avoir été remué et de ce que le phosphate en suspension n'est donc pas perdu, il faut encore considérer que l'acide phosphorique à l'état soluble, tel qu'il se trouve primitivement dans le purin, a une valeur double en comparaison de l'acide phosphorique tribasique obtenu par la précipitation qui s'opère lorsqu'on mélange des phosphates naturels au purin.

Une réaction identique à celle que nous venons de constater doit nécessairement se produire lorsqu'on arrose de purin un tas de fumier auquel on a incorporé des phosphates naturels. Les sels qui entrent ici en action sont les mêmes que ceux que nous avons soumis à l'expérimentation; le tas de fumier ne présente que cette particularité qu'il se fait dans sa masse un dégagement continuel d'acide carbonique. Mais ce dégagement d'acide carbonique est sans action sensible sur les phosphates minéraux (voir recherches citées de Holdefleiss et le tableau précédent, page 42) ; son action dissolvante se porte sur le carbonate calcaire qui accompagne le phosphate tribasique, et le carbonate précipite l'acide phosphorique soluble du fumier, ainsi que celui du purin employé à son arrosage. *L'eau distillée, les matières organiques et les sels que l'on rencontre dans la couche arable, dans le purin et dans le fumier, sont donc sans action dissolvante sur la craie grise de Ciply.*

Ces essais préliminaires permettent déjà de supposer que

le phosphate de Ciply à l'état brut ne constitue pas une source d'aliments assimilables par les plantes. Mais, dans le phénomène complexe de l'assimilation du phosphate de chaux par la plante, l'eau, l'acide carbonique, les solutions salines et les matières organiques n'interviennent pas seulement; les racines de la plante, qui montrent toujours une réaction légèrement acide, peuvent aussi exercer une influence dissolvante sur le phosphate de chaux avec lequel elles sont en contact. L'expérience directe, par des essais de culture avec le phosphate de Ciply, était donc indispensable.

B. — Essais de culture avec la craie grise de Ciply.

Lorsqu'il s'agit d'arriver à la solution de questions du domaine de la physiologie végétale, l'expérience agricole, c'est-à-dire l'expérience faite dans les conditions de la grande culture, a une valeur très médiocre. La difficulté de trouver parmi les champs d'une exploitation rurale des parcelles parfaitement homogènes, absolument identiques quant à leur composition chimique et à leur constitution physique, l'impossibilité de protéger les cultures expérimentales contre les intempéries, contre des pertes occasionnées par les hommes et les animaux, etc., exigent qu'on remplace souvent l'expérience agricole entreprise sur une grande échelle par l'expérience physiologique exécutée en petit.

Ce n'est que dans ces conditions que l'on est complètement maître de l'expérience, que l'on peut s'entourer de toutes les précautions nécessaires et que l'on possède toutes les garanties exigées par une expérimentation véritablement scientifique. C'est par ces considérations que nous avons été guidé dans l'exécution des essais suivants (1).

(1) Les essais de culture entrepris en 1875, 1876 et 1877 ont été faits avec le concours de M. Mercier.

Les essais de culture entrepris en 1875 ont porté sur l'avoine cultivée dans deux terres essentiellement différentes : le sable de la Campine (1) et le sol sablo-argileux de Gembloux. La différence entre la composition des deux terres est établie par les analyses consignées dans le tableau suivant. Il est à remarquer qu'elles ont été faites sur la terre fine séchée à l'air libre pendant deux fois vingt-quatre heures.

1000 parties de terre fine séchée à l'air renferment :

	SABLE de la CAMPINE.	SOL de GEMBLOUX.
Eau (150° C.)	3.97	20.22
Matières organiques	8.63	26.12
Oxyde de fer et alumine	10.58	17.74
Chaux	1.62	2.37
Magnésie	3.73	1.69
Soude	traces	0.23
Potasse	1.09	0.76
Acide phosphorique	0.19	0.65
— sulfurique	0.04	0.26
— carbonique	0.35	0.56
— silicique	0.05	0.30
Insoluble dans l'acide chlorhydrique à froid.	969.75	929.10
	1000.00	1000.00
Azote organique	point	0.204
Azote ammoniacal	point	0.069
Azote nitrique	point	0.026
Pouvoir absorbant pour l'eau p. c.	27.44	43.75

(1) Nous devons le sable de la Campine qui a servi à ces essais et à d'autres recherches à l'obligeance de M. Demarbais, bourgmestre d'Eynthout, qui a bien voulu nous en adresser un mètre cube provenant d'un terrain n'ayant pas encore été mis en culture.

Les vases qui ont servi aux essais de culture sont de grands cylindres en verre fabriqués d'après nos indications pour les recherches de physiologie végétale entreprises à la Station agricole de Gembloux. Ils mesurent 15 centimètres de diamètre sur 40 centimètres de hauteur; ils se terminent au fond par un tube de 1 centimètre de diamètre servant à l'écoulement des eaux de drainage et contiennent 4 kilogrammes de terre tassée, tout en laissant 1 à 1 $^1/_2$ centimètre entre la surface du sol et le bord du pot. Ces pots ont, en plus, un bord renforcé, en verre, qui dépasse de 1 centimètre leurs parois, ce qui permet de les maintenir dans des ouvertures pratiquées dans la feuille d'une grande table. Cette table, entourée de panneaux mobiles afin de permettre le maniement facile des verres servant à recueillir les eaux de drainage, est placée sur un wagonnet mobile sur des rails, le tout renfermé dans une serre (voir planche I) afin d'abriter les plantes en expérimentation contre le vent, la pluie, etc. Cette serre, excepté le mur du nord, est entièrement construite en fer et en verre; elle se trouve au milieu d'un jardin entouré d'une haie et devant les fenêtres du laboratoire. Quoiqu'une forte circulation d'air y soit assurée par six grandes fenêtres mobiles sur des rouleaux et par six fenêtres dans la toiture, la serre est encore munie d'une sortie destinée à recevoir les plantes quand le temps est calme et sec. Le wagonnet est mis en mouvement au moyen d'un treuil permettant de sortir et de rentrer toutes les plantes à la fois sans leur faire subir le moindre choc.

Pour préparer les pots à expérience, on a eu soin de fermer légèrement leur tuyau de drainage par des éclats de verre lavés à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée; puis on a placé dans chacun 4 kilogrammes de terre. Les pots qui devaient recevoir des engrais ont reçu 1 kilogramme de terre et les 3 kilogrammes restant ont été mélangés aux engrais à l'aide d'une spatule, avant d'être placés dans le récipient. Chaque essai a été fait en double, la disposition de l'expérience a été la suivante :

1re série. — SABLE DE LA CAMPINE.

Pots nos I et II. Sans engrais.
— III et IV. 3.00 gr. craie grise de Ciply = 0.3015 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
— V et VI. 2.19 gr. superphosphate de chaux = 0.3015 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.

2e série. — SOL DE GEMBLOUX.

Pots nos VII et VIII. Sans engrais.
— IX et X. 3.00 gr. craie grise de Ciply = 0.3015 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
— XI et XII. 2.19 gr. superphosphate de chaux = 0.3015 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.

Notes de culture. — Le 24 avril 1875, on a semé 14 grains d'avoine par pot. — Le 29, commencement de la levée. — 2 mai, levée complète de tous les grains. — 10 mai, on coupe 4 plantes et on laisse dans chaque pot les 10 plantes les plus vigoureuses. — 15 mai, on remarque une forte différence en faveur du sol sablo-argileux. — 14 juin, les pots I, II, III et IV sont sensiblement les mêmes, V et VI beaucoup plus vigoureux ; pour le sol de Gembloux, VII, VIII, IX et X ne montrent point de différence, XI et XII plus vigoureux. — 21 juin, on remarque le premier épi d'avoine dans le pot VII. — 24 juin, tous les pots présentent des épis, la floraison se fait normalement. — A partir du 1er juillet, le wagonnet n'a plus été sorti et les fenêtres de la serre ont seulement été ouvertes pendant qu'il s'y trouvait quelqu'un, afin d'éviter que les oiseaux ne détériorent les grains encore laiteux. L'arrosage de tous les pots a été fait au moyen d'un flacon de Mariotte mesurant 300 c.c. ; on a employé de l'eau de pluie; le tube d'écoulement était d'un petit calibre afin

d'assurer la bonne répartition de l'eau sur toute la surface du pot. Les quantités d'eau ont été données de manière à maintenir la saturation complète (pouvoir absorbant du sable de la Campine = 27.44 p. c. et du sol de Gembloux = 43.75 p. c.), tout en évitant l'écoulement de l'eau par le tuyau de drainage. Lorsque les verres placés en dessous des pots contenaient cependant un peu d'eau, celle-ci était reversée sur le pot dont elle provenait et cela avant l'arrosage. Les différents pots de chaque série ont reçu rigoureusement les mêmes quantités d'eau. Celles-ci sont indiquées dans le tableau suivant :

	I *Sable de la Campine.*			II *Sol de Gembloux.*		
24 au 26 avril . .	300 c. c.	par jour	= 900	300 c. c.	par jour	= 900
27 avril au 3 mai .	150	»	900	150	»	900
4 et 5 mai . . .	300	»	600	300	»	600
8 mai	—	»	—	300	»	300
10 et 13 mai . . .	150	»	600	150	»	600
15 au 25 mai. . .	150	»	1650	300	»	3300
26 mai	—	»	—	450	»	450
27 mai au 1er juin .	150	»	900	300	»	1800
2 au 5 juin . . .	150	»	600	300	»	1200
6 et 7 juin . . .	—	»	—	450	»	900
8 juin	150	»	150	300	»	300
10 au 15 juin. . .	150	»	900	300	»	1800
19 juin	—	»	—	300	»	300
25 juin au 3 juillet .	150	»	1350	150	»	1350
6 juillet	—	»	—	150	»	150
9 juillet	300	»	300	450	»	450
11 juillet	300	»	300	450	»	450
15 juillet	—	»	—	300	»	300
24 juillet	300	»	300	300	»	300
	TOTAL . . .		cc. 9450	TOTAL. .		cc. 16350

Le 26 juillet, on a procédé à la récolte; les tiges ont été coupées à fleur de sol, laissées sur place jusqu'au 2 août pour achever leur dessiccation, puis portées au laboratoire, où

l'on a séparé le grain, la paille et les balles. Les résultats des pesées se trouvent consignés dans le tableau suivant :

Essais de culture entrepris en 1875 avec la craie grise de Ciply.

NUMÉROS des POTS.	FUMURES.	GRAIN.	PAILLE et BALLES.	RÉCOLTE TOTALE.
	1re série. — SABLE DE LA CAMPINE.			
I	Sans engrais	gr. 0.52	gr. 1.48	gr. 2.00
II	»	0.37	0.98	1.35
	MOYENNES	**0.45**	**1.23**	**1.68**
III	Phosphate de Ciply . . .	0.31	0.91	1.21
IV	» . . .	0.50	1.36	1.86
	MOYENNES	**0.41**	**1.14**	**1.54**
V	Superphosphate	1.89	5.00	6.89
IV	»	1.72	4.80	6.52
	MOYENNES	**1.81**	**4.90**	**6.71**
	2e série. — SOL DE GEMBLOUX.			
VII	Sans engrais	gr. 8.43	gr. 17.27	gr. 25.70
VIII	»	8.60	17.04	25.64
	MOYENNES	**8.52**	**17.16**	**25.67**
IX	Phosphate de Ciply . .	7.60	15.05	22.65
X	» . . .	7.29	14.91	22.20
	MOYENNES	**7.45**	**14.98**	**22.48**
XI	Superphosphate	11.00	19.00	30.00
XII	»	11.00	17.00	28.00
	MOYENNES	**11.00**	**18.00**	**29.00**

En examinant les chiffres de ce tableau, on est d'abord

frappé de la concordance qui existe entre les produits de la récolte des pots se trouvant dans des conditions identiques de fumure. Cette concordance prouve en faveur de l'exactitude des expériences et elle donne de la valeur aux moyennes déduites des deux essais correspondants; ce sont ces moyennes qui nous serviront à comparer les poids des récoltes des pots à fumures différentes. Il résulte à l'évidence de cette comparaison que, ***ni dans le sable de la Campine, ni dans le sol de Gembloux, l'addition du phosphate de Ciply n'a produit aucune augmentation de récolte.***

Les moyennes des deux pots sans fumure et celles des deux pots ayant reçu du phosphate de Ciply ne diffèrent, pour le sable, que de 0.04 gramme pour le poids du grain et de 0.09 gramme pour la paille et les balles. Pour le sol de Gembloux, les pots ayant reçu de la craie grise ont même produit moins que le sol sans engrais. Les différences atteignent un chiffre tellement élevé (1.07 gramme pour le grain et 2.18 grammes pour la paille et les balles) que l'on ne peut nullement les rapporter aux erreurs inévitables de l'expérience et que l'on est plutôt tenté d'attribuer au phosphate brut même des effets nuisibles, qui pourraient s'expliquer en admettant que la grande quantité de carbonate qui accompagne le phosphate s'oppose à une prompte assimilation de l'acide phosphorique du sol.

Nous appelons encore l'attention sur les chiffres obtenus par l'application du superphosphate de chaux; il est important de constater que son emploi a produit une forte augmentation de la récolte (le rendement pour le grain a quadruplé pour la série sable et a augmenté de 29 p. c. pour la série argile), car cela prouve que l'inefficacité de l'acide phosphorique du phosphate brut de Ciply, observée dans les expériences précédentes, provient de son insolubilité. Sans l'expérience du superphosphate, on aurait pu objecter que le phosphate de Ciply n'a pu agir dans le sable parce qu'il n'y avait pas assez d'autres éléments nutritifs indispensables

à la plante pour qu'elle puisse profiter de la fumure phosphatée. Cette objection ne serait pas fondée, puisque l'acide phosphorique employé seul, mais à l'état soluble dans l'eau, a quadruplé la récolte obtenue dans le sable sans fumure, tandis qu'une quantité égale d'acide phosphorique à l'état insoluble (comme phosphate de Ciply) n'a produit aucune augmentation.

Quant au sol sablo-argileux de Gembloux, type d'une terre très riche, on aurait pu dire, sans posséder le renseignement fourni par l'essai au superphosphate, que le phosphate de Ciply est resté sans effet parce que le sol est déjà assez riche en acide phosphorique pour que le phosphate tribasique de la craie grise puisse encore augmenter le rendement. Les pots XI et XII ayant reçu la même quantité d'acide phosphorique que les pots IX et X, mais à l'état soluble dans l'eau, le rendement en grain a cependant augmenté chez les premiers de 29 p. c. comparativement aux pots sans engrais, ce qui prouve bien que le manque d'effet de la craie grise provient de son insolubilité.

En tenant compte des résultats obtenus à l'aide de l'eau distillée chargée d'acide carbonique, de solutions salines, d'humate d'ammoniaque et de purin (voir page 42), ainsi que des essais de culture (voir page 45), nous croyons pouvoir conclure que, sauf dans des cas spéciaux (voir page 40), *l'agriculture ne peut tirer aucun profit de l'emploi de la craie grise de Ciply à l'état brut.*

CHAPITRE II.

TRANSFORMATION DE LA CRAIE GRISE DE CIPLY EN SUPERPHOSPHATE DE CHAUX.

Nous avons dit plus haut que l'utilisation par l'agriculture du phosphate de chaux fossile peut avoir lieu sous trois formes :

I. A l'état de phosphate brut;
II. — superphosphate;
III. — phosphate précipité.

Considérant le résultat défavorable obtenu par l'emploi à l'état brut, nous devons examiner l'utilisation du phosphate de Ciply sous forme de superphosphate de chaux, renfermant, par conséquent, l'acide phosphorique à l'état soluble dans l'eau.

La craie grise de Ciply brute titrant, en moyenne, 24.56 *p. c. de phosphate de chaux tribasique et* 53 *p. c. de carbonate de chaux*, il était à prévoir que sa transformation en superphosphate ne serait pas facile. M. Melsens, dans son intéressante étude sur la craie grise de Ciply[1], a, du reste, déjà fixé l'attention sur les difficultés et sur la dépense en acide sulfurique que cette fabrication entraînerait. Les essais que nous avons entrepris sous ce rapport prouvent qu'il est impossible de rendre entièrement soluble l'acide phosphorique du phosphate de Ciply, vu que la grande quantité de plâtre qui se forme par l'attaque du carbonate de chaux absorbe de l'acide sulfurique et empêche la décomposition complète du phosphate tribasique.

1er ESSAI. — 1000 grammes de craie brute (titrant

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVIII, n° 7, 1874

63.79 p. c. de carbonate de chaux et 25.47 p. c. de phosphate de chaux) ont été mélangés le 10 décembre 1874, dans une grande capsule en porcelaine, avec 1384 grammes d'acide sulfurique à 50° B., quantité suffisante pour transformer le carbonate de chaux en plâtre et le phosphate de chaux tribasique en plâtre et en acide phosphorique libre. 2103.6 grammes de superphosphate obtenu devaient donc renfermer 116.7 grammes d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau, soit 5.55 p. c.

Mais le produit obtenu, qui était, du reste, parfaitement sec et pulvérulent, titrait seulement :

Le 14 décembre 1874, 2.34 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau;

Le 15 juin 1875, 2.48 p.c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau;

Le 15 décembre 1875, 2.66 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.

Il y avait donc à peine 50 p. c. de l'acide phosphorique rendus solubles et le produit renfermait, en présence du phosphate de chaux tribasique non attaqué, de l'acide sulfurique empâté dans le plâtre.

En effet, en préparant une solution aqueuse de 10 grammes de ce superphosphate dans un litre d'eau distillée et en précipitant après concentration le plâtre par l'alcool absolu dans une partie de la solution, on retrouve en abondance dans le filtrat de l'acide sulfurique libre. L'acide sulfurique libre empâté dans le plâtre continue, d'ailleurs, lentement la décomposition du phosphate tribasique, car nous voyons, par les analyses précédentes, que le titre en acide phosphorique soluble dans l'eau augmente lentement.

IIe ESSAI. — *Attaque de la craie lavée à l'eau.* — Dès la découverte de l'immense dépôt phosphaté de Ciply et la publication de nos analyses, on a cherché des moyens pour débarrasser industriellement la craie grise de la plus grande partie de son carbonate de chaux, afin d'augmenter son titre

en phosphate de chaux [1]. Aucun des procédés proposés n'est arrivé à résoudre le problème d'une manière parfaite. Même celui basé sur la calcination de la craie, le meilleur entre tous, laisse encore à désirer. Les procédés basés sur une saine application des lois de la mécanique, dans lesquels on réduit la craie grise en une poussière granulaire, sans écraser toutefois les petits grains de phosphate de chaux, poussière que l'on blute ensuite sous l'action d'un ventilateur, ces procédés, disons-nous, qui semblaient promettre beaucoup, ne permettent pas, bien qu'ils augmentent de quelques pour cent le titre en acide phosphorique de la craie brute, de préparer une matière première suffisamment riche en phosphate de chaux pour être transformée convenablement en superphosphate.

Nous avons prouvé [2] que l'on peut augmenter d'un tiers la richesse en acide phosphorique de la craie grise de Ciply par un simple lavage à grande eau, tel que cela se pratique pour le lavage du sable destiné à la fabrication du verre. Nous avons également fait un essai de fabrication de superphosphate avec le produit de ce lavage.

748 grammes de craie lavée (titrant 55.48 p. c. de carbonate et 29.50 p. c. de phosphate de chaux) ont été mélangés le 19 décembre 1874 avec 981.6 grammes d'acide sulfurique à 50° B., quantité suffisante pour transformer le carbonate de chaux en plâtre et le phosphate de chaux tribasique en plâtre et en acide phosphorique libre.

1547 grammes de superphosphate obtenu devaient donc renfermer 135 grammes d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau, soit 6.50 p. c. Mais le produit obtenu titrait seulement :

Le 21 décembre 1874, 5.29 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau;

---

(1) La description détaillée de ces procédés se trouve dans notre rapport sur les *Matières fertilisantes à l'Exposition de Paris*. Bruxelles, 1880; G. Mayolez.

(2) Voir page 31.

Le 15 juin 1875, 5.50 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau ;

Le 15 décembre 1875, 5.63 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau.

Nous constations ici les mêmes résultats que dans le premier essai, c'est-à-dire que l'attaque n'est pas complète : le plâtre résultant de cette attaque absorbe une partie de l'acide sulfurique et soustrait une partie du phosphate à la décomposition. L'attaque continue cependant dans la masse, car son titre en acide phosphorique augmente peu à peu. Si, dans le premier produit, 58 p. c. de l'acide phosphorique total sont restés insolubles, ce chiffre n'est plus que de 19 p. c. pour la craie lavée. La craie lavée renfermant moins de carbonate de chaux que la craie brute, elle fournit, par conséquent, moins de plâtre et l'attaque du phosphate est meilleure, sans cependant être complète.

Le superphosphate de chaux se paye dans le commerce à raison de 80 à 90 centimes le kilogramme d'acide phosphorique soluble dans l'eau; le superphosphate de la craie lavée aurait donc une valeur maximum de 5 francs les 100 kilogrammes. En admettant même qu'à ce prix la fabrication de ce superphosphate constituât une opération lucrative pour l'industriel, — ce qui n'est pas, — un pareil produit ne trouverait pas d'acheteur. Le cultivateur intelligent qui consomme des superphosphates de chaux cherche avec raison des produits plus riches, sachant très bien qu'en achetant des produits concentrés il diminue les frais de transport, etc., etc. Il résulte donc des essais précédents que *ni la craie brute, ni la craie lavée à l'eau ne conviennent à la fabrication du superphosphate de chaux*(1).

---

(1) Les phosphates de Ciply que l'on emploie actuellement en quantités considérables à la fabrication du superphosphate sont surtout le phosphate riche de Mesvin-Ciply, celui du Bois d'Havré et la craie grise épurée par différents procédés. (*Note de la seconde édition.*)

CHAPITRE III.

UTILISATION AGRICOLE DE LA CRAIE GRISE A L'ÉTAT DE PHOSPHATE PRÉCIPITÉ.

Lorsqu'on précipite par la chaux une solution de phosphate de chaux dans l'acide chlorhydrique (Pelouze et Dussart), on obtient un produit appelé dans le commerce « phosphate de chaux précipité », qui, à l'état pur, correspond à la formule : 2 CaO, H^2O, Ph^2O^5.

Quoique insoluble dans l'eau, comme le phosphate de chaux tribasique, le phosphate de chaux précipité doit devenir plus rapidement assimilable, vu sa divison extrême et sa solubilité dans l'acide carbonique et dans des solutions salines (citrate d'ammoniaque).

Considérant le bas prix de l'acide chlorhydrique, M. Melsens, dans son mémoire déjà cité, a proposé, peu de temps après la découverte de la craie grise, sa transformation en phosphate de chaux précipité, tout en reconnaissant que cette fabrication est difficile et en regrettant le manque de données exactes sur la valeur agricole de l'acide phosphorique à l'état précipité. La fabrication de ce produit ayant fait, depuis plusieurs années, par l'application des filtres-presses, de grands progrès (nous avons tout récemment analysé un échantillon obtenu en grand dans une fabrique du pays, qui titrait 36.82 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin et dont la solution aqueuse ne renfermait que des traces de chlore), il nous a paru nécessaire d'étudier l'effet physiologique de l'acide phosphorique à l'état précipité, avant de conseiller aux industriels de tranformer la craie grise de Ciply en phosphate précipté.

Nous ne connaissons point de question de chimie agricole dans laquelle les stations agricoles expérimentales des

différents pays de l'Europe aient pris des positions plus diamétralement opposées que dans celle de l'assimilabilité de l'acide phosphorique précipité (rétrogradé, phosphate de chaux précipité, phosphates de fer et d'alumine tels qu'ils se forment par la rétrogradation des superphosphates)(1). Tandis que les stations allemandes, dans l'analyse des superphosphates, tiennent exclusivement compte de l'acide phosphorique soluble dans l'eau, en n'attribuant pas plus de valeur à l'acide phosphorique insoluble dans l'eau, mais soluble dans le citrate d'ammoniaque, qu'à l'acide phosphorique tribasique insoluble dans l'un comme dans l'autre réactif, les stations agricoles françaises, sans pouvoir cependant se baser sur les résultats de recherches publiées, accordent la même valeur à l'acide phosphorique soluble dans l'eau et à l'acide phosphorique soluble dans le citrate. En organisant, il y a quelques années (1872), le service de la Station agricole de Gembloux, nous avouons avoir été embarrassé quant à la position à prendre dans cette question.

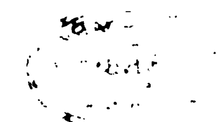
En nous basant sur ces considérations théoriques que, d'une part, l'acide phosphorique soluble dans l'eau doit se diffuser plus facilement et plus parfaitement dans la couche arable que le phosphate précipité insoluble dans l'eau, mais que, d'autre part, le phosphate précipité possède cette supériorité sur le phosphate tribasique d'être soluble dans le citrate d'ammoniaque, nous avons attribué alors à l'acide phosphorique précipité une valeur intermédiaire(2) entre celle de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et celle de l'acide phosphorique insoluble.

Nous nous sommes proposé en même temps de résoudre expérimentalement cette question d'un haut intérêt pour

---

(1) Voir plus loin : *Sur la valeur agricole de l'acide phosphorique dit rétrogradé*

(2) Voir la *Composition moyenne des matières fertilisantes du commerce*, par A. Petermann, page 5; Bruxelles, G. Mayolez.



l'agriculture. Nos recherches sur la craie grise de Ciply et la facilité avec laquelle il est possible de la transformer en phosphate de chaux précipité ont donné une importance toute spéciale à cette question. Il fallait, en effet, étudier si la craie grise de Ciply, qui, comme nous l'avons prouvé, ne convient, à l'état brut ou après avoir été lavée à l'eau, ni à l'emploi comme engrais, ni à la fabrication du superphosphate, ne pourrait pas être utilisée après sa transformation en phosphate précipité. L'assimilabilité de l'acide phosphorique à l'état de phosphate précipité une fois prouvée, le problème de l'utilisation agricole des millions de mètres cubes de craie grise serait résolu.

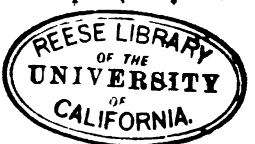
Essais de culture de 1876 et de 1877.

Avant d'entreprendre les essais définitifs, nous avons voulu nous renseigner par un essai préliminaire sur la façon dont *se comporte le superphosphate de chaux comparativement au phosphate précipité*. Nous avons donc préparé, en 1876, quatre pots de sable et quatre pots d'argile, mêmes terres, etc., que pour les essais sur l'assimilabilité de l'acide phosphorique de la craie de Ciply brute (voir page 45) en leur appliquant les engrais suivants :

1re série. — Sable de la Campine.

Nos I et II. 19.1 gr. de superphosphate de chaux, renfermant 3.00 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau (1).

(1) Les résultats de nos recherches sur la valeur agricole de l'acide phosphorique ont été attaqués par plusieurs stations agricoles allemandes. On nous a particulièrement reproché que la quantité de 3 grammes d'acide phosphorique pour 4 kilogrammes de terre était une dose disproportionnée avec celle employée par la pratique. L'application précédente de fortes doses d'engrais est cependant complètement justifiée en tenant compte que l'on produit, dans des expériences en pots, beaucoup plus de plantes que ne le fait la pratique pour un volume égal de terre. Nous avons d'ailleurs répété nos essais avec 0.3 gramme d'acide phosphorique en obtenant des résultats identiques (voir plus loin).



Nos III et IV. 8.8 gr. de phosphate de chaux précipité, renfermant 3.00 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

2e série. — Sol de Gembloux.

Nos V et VI. 19.1 gr. de superphosphate de chaux, renfermant 3.00 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.

Nos VII et VIII. 8.8 gr. de phosphate de chaux précipité, renfermant 3.00 gr. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Le superphosphate de chaux avait été fabriqué avec la phosphorite de Caçerès, il titrait 15.71 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau; le phosphate précipité avait été obtenu en traitant une solution de craie grise de Ciply dans l'acide chlorhydrique par un lait de chaux (1). Le précipité obtenu, filtré, lavé, séché à 100° C., titrait 34.09 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Notes de culture. — Le 24 mai, on a semé 14 grains d'avoine par pot. — 31 mai, levée dans les pots au phosphate précipité. — 3 juin, levée dans les pots au superphosphate. — 8 juin, on a coupé deux plantes par pot en laissant les plus vigoureuses. — 10 juillet, belle végétation, la série sable est beaucoup plus faible que la série argile; entre le phosphate précipité et le superphosphate, il n'y a point de différence. — 15 juillet, tous les épis sont sortis. — 11 août, récolte; on a laissé en place jusqu'à maturité complète et on a pesé le 19 août.

---

(1) Lorsqu'on prépare du phosphate de chaux précipité, on obtient souvent, outre le phosphate bicalcique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin, une certaine dose de phosphate tricalcique; la proportion change suivant que l'on verse la solution acide dans le lait de chaux ou réciproquement. Un certain titre du lait de chaux en carbonate produit également du phosphate tribasique (voir aussi nos essais sur la précipitation de l'acide phosphorique du purin par le carbonate de la craie de Ciply). Séché à 100° C., le phosphate précipité retient toujours plus d'eau que la quantité qui correspond à la formule $2\,CaO, H^2O, Ph^2O^5$.

Résultats des essais de culture faits en 1876 sur l'avoine.

NUMÉROS des POTS.	FUMURES.	GRAIN.	PAILLE et BALLES.	RÉCOLTE TOTALE.
	1re série. — SABLE DE LA CAMPINE.			
		gr.	gr.	gr.
I	Superphosphate	9.0	13.0	22.0
II	»	8.0	12.0	20.0
	MOYENNES	**8.5**	**12.5**	**21.0**
III	Phosphate précipité . .	8.0	14.0	22.0
IV	» . . .	8.0	12.0	20.0
	MOYENNES	**8.0**	**13.0**	**21.0**
	2e série. — SOL DE GEMBLOUX.			
V	Superphosphate	11.0	19.0	30.0
VI	»	11.0	17.0	28.0
	MOYENNES . . .	**11.0**	**18.0**	**29.0**
VII	Phosphate précipité . . .	12.0	19.0	31.0
VIII	» . .	12.0	16.0	28.0
	MOYENNES . .	**12.0**	**17.5**	**29.5**

Après les essais préliminaires de 1876, nous avons préparé en 1877 une série d'expériences, afin de vérifier sur une autre plante les résultats acquis et de les compléter par des essais sur le phosphate de fer et le phosphate d'alumine. Ces combinaisons se comportent identiquement comme le phosphate de chaux précipité : elles sont insolubles dans l'eau, mais elles se dissolvent, par contre, facilement dans le citrate d'ammoniaque. Ayant expérimenté en 1876 sur le phosphate de chaux sans addition d'engrais azotés, nous

avons donné en 1877 à tous les pots une fumure additionnelle de sulfate d'ammoniaque.

La préparation des pots a eu lieu de la manière décrite page 47. Les engrais ont été mélangés à la terre, mais le sulfate d'ammoniaque a été appliqué en solution en arrosant chaque pot préparé avec 50 c.c. d'une solution de sulfate d'ammoniaque de 20 grammes par litre.

Le phosphate de chaux précipité et le superphosphate sont les mêmes que ceux employés en 1876. Le phosphate de fer a été obtenu en précipitant une solution de phosphate de soude par le perchlorure de fer; le précipité, lavé, séché à 100° C., était complètement soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin ; et le phosphate d'alumine a été préparé en précipitant du phosphate de soude au moyen de sulfate d'alumine; le produit, lavé et séché à 100° C., se dissolvait facilement et sans résidu dans le citrate d'ammoniaque.

La disposition de l'essai était la suivante :

	PREMIÈRE SÉRIE. — SABLE de la CAMPINE.	DEUXIÈME SÉRIE. — SOL de GEMBLOUX.
Sans engrais, nos	I	XI
1.00 gr. de sulfate d'ammoniaque.	II	XII
1.00 gr. de sulfate d'ammoniaque. 19.00 gr. de superphosphate de chaux correspondant à 3.00 gr. d'acide phosphorique soluble dans l'eau.	III et IV	XIII et XIV
1.00 gr. de sulfate d'ammoniaque. 8.80 gr. de phosphate de chaux précipité correspondant à 3.00 gr. d'acide phosphorique soluble dans le citrate	V et VI	XV et XVI

	PREMIÈRE SÉRIE. — SABLE de la CAMPINE.	DEUXIÈME SÉRIE. — SOL de GEMBLOUX.
1.00 gr. de sulfate d'ammoniaque 10.72 gr. de phosphate d'alumine correspondant à 3.00 gr. d'acide phosphorique soluble dans le citrate.	VII et VIII	XVII et XVIII
1.00 gr. de sulfate d'ammoniaque 10.92 gr. de phosphate de fer correspondant à 3.00 gr. d'acide phosphorique soluble dans le citrate.	IX et X	XIX et XX

Notes de culture. — Le 10 avril 1877, on a semé dans chaque pot 12 grains de froment d'été. — 17, commencement de la levée dans le sable. — 18, levée dans l'argile. — Le 21, tous les grains sont levés. — Du 22 avril au 10 mai, développement très régulier de la végétation dans tous les pots. A partir du 12 mai, le pot n° 1 (sable sans engrais) reste beaucoup en retard sur tous les autres ; le pot n° XI (sol de Gembloux sans engrais) est un peu inférieur aux autres de cette série. Végétation abondante et pleine de vigueur dans les pots au superphosphate, phosphate précipité, phosphate d'alumine et phosphate de fer. — 11 juin, les épis apparaissent dans les pots III et IV, V et VI, VII et VIII, IX et X (série sable) ; XIII et XIV, XV et XVI, XVII et XVIII, XIX et XX (série argile), tandis qu'ils sortent seulement le 13 juin dans les pots XI et XII et le 18 dans les pots I et II. La fumure de phosphate a donc produit dans les deux séries des plantes non seulement plus hautes et plus vigoureuses, mais aussi plus hâtives.

Floraison jusqu'au 25 juin. Après la floraison, les plantes

n'ont plus été sorties et une des grandes fenêtres de chaque côté de la serre a été remplacée par un châssis garni d'une toile métallique à mailles assez serrées pour empêcher l'entrée des oiseaux, tout en permettant la circulation de l'air. — 15 juillet, on constate une très grande différence de végétation entre les pots au sable et ceux à l'argile; cette différence est en faveur de ces derniers. Quant à la série sable, le pot sans engrais était d'une extrême maigreur et les épis étaient très courts; le pot au sulfate d'ammoniaque, tout en présentant des tiges plus élevées, n'avait pas des épis sensiblement plus longs que le n° I (sans engrais); les pots au superphosphate, phosphate précipité, phosphate d'alumine et phosphate de fer étaient de toute beauté et de beaucoup supérieurs aux pots sans phosphate. Les mêmes observations se rapportent à la seconde série (sol de Gembloux); cependant, les différences entre les pots sans phosphate et les pots ayant reçu du superphosphate, etc., étaient moins fortes que dans le sable, tout en étant très prononcées.

Nous avons tenu à fournir, à l'appui des conclusions que nous allons tirer plus tard, non seulement les poids des récoltes, mais aussi la représentation graphique de l'aspect que nos plantes offraient à la fin de juillet (voir planche II). C'est grâce à la main habile de M. Delcour, répétiteur à l'Institut agricole de l'État, qui a bien voulu nous prêter son concours en cette circonstance, que nous possédons cette reproduction fidèle, dessinée d'après nature et en tenant exactement compte des mesures de chaque tige et de chaque épi. Afin de simplifier notre planche, nous avons représenté un seul pot, quoique chaque expérience ait été exécutée en double.

La récolte a eu lieu pour le sable le 13 août et pour l'argile le 14. Les poids du grain, de la paille et des balles se trouvent réunis dans le tableau suivant :

Résultats des essais de culture faits en 1877 sur le froment.

NUMÉROS des POTS.	FUMURES.	GRAIN.	PAILLE et BALLES.	RÉCOLTE TOTALE.
	1re série. — SABLE DE LA CAMPINE.			
I	Sans engrais.	gr. 2.49	gr. 6.54	gr. 9.03
II	Sulfate d'ammoniaque. . .	5.37	18.37	24.74
III	Superphosphate.	10.23	24.03	34.26
IV	»	9.97	24.07	34.04
	MOYENNES . . .	10.10	24.05	34.15
V	Phosphate précipité . . .	10.86	24.89	35.75
VI	» . . .	11.29	28.06	39.25
	MOYENNES . . .	11.08	26.48	37.50
VII	Phosphate d'alumine . . .	18.60	36.80	55.40
VIII	» . . .	17.72	33.14	50.86
	MOYENNES . . .	18.16	34.97	53.13
IX	Phosphate de fer	15.60	33.36	48.96
X	» . . .	15.47	33.87	49.34
	MOYENNES . . .	15.53	33.62	49.15
	2e série. — SOL DE GEMBLOUX.			
XI	Sans engrais.	9.40	22.90	32.30
XII	Sulfate d'ammoniaque . .	11.55	27.10	38.65
XIII	Superphosphate.	20.51	36.10	56.61
XIV	»	18.66	39.89	58.55
	MOYENNES . . .	19.58	37.99	57.58
XV	Phosphaté précipité . . .	19.75	37.81	57.56
XVI	» . . .	21.10	37.14	58.24
	MOYENNES . . .	20.42	37.48	57.90
XVII	Phosphate d'alumine . . .	24.03	38.24	62.27
XVIII	» . . .	26.33	42.90	69.23
	MOYENNES . . .	25.18	40.57	65.75
XIX	Phosphate de fer	22.80	40.13	62.93
XX	»	22.14	38.60	60.74
	MOYENNES . . .	22.47	39.37	61.84

Nous avons peu de chose à dire concernant les chiffres éloquents de ce tableau. Dans l'argile, le superphosphate associé au sulfate d'ammoniaque a produit 8.03 p. c. et le phosphate de chaux précipité 8.87 p. c. de grain en plus que le sulfate d'ammoniaque seul et, pour le sable, ces chiffres sont respectivement de 4.73 et de 5.71 p. c.

Les résultats des recherches de 1877 faites sur le froment sont donc entièrement concordants avec ceux de 1876 sur l'avoine. ***Ils prouvent à l'évidence que l'acide phosphorique du phosphate de chaux précipité*** (insoluble dans l'eau mais soluble dans le citrate d'ammoniaque) ***est aussi assimilable que l'acide phosphorique des superphosphates*** (soluble dans l'eau). Cette conclusion est applicable, même à un plus haut degré, au phosphate d'alumine et au phosphate de fer qui, dans le sable de la Campine comme dans l'argile de Gembloux, ont donné non-seulement des rendements égaux à ceux du phosphate précipité, mais même supérieurs. La cause de ce fait réside probablement dans la plus grande solubilité du phosphate de fer et du phosphate d'alumine dans divers agents, ainsi que M. Millot l'a constaté dans son étude sur la rétrogradation des superphosphates (1).

Expériences de culture sur des féveroles en 1877.

Nous avons entrepris, en même temps que les recherches dans la serre, un essai de culture au jardin de la Station agricole. La plante choisie était la féverole. Le terrain, qui avait porté en 1876 des betteraves à sucre, a été profondément bêché et divisé en trois parcelles, en laissant entre chacune d'elles un chemin de 60 centimètres de largeur.

---

(1) *Annales agronomiques*, 1876, p. 530.

La parcelle n° I n'a point reçu d'engrais.

» II a reçu 1200 gr. de superphosphate de phosphate de Caçerès à 14.61 p. c., donc 175.32 gr. d'acide phosphorique soluble dans l'eau.

» III a reçu 396.47 gr. de phosphate de chaux précipité à 44.22 p. c., donc 175.32 gr. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

L'engrais a été répandu le 1er mai et enterré à la bêche; le 2 mai, après avoir ratissé et roulé, on a planté les féveroles, en laissant entre les lignes une distance de 40 centimètres et entre les plantes 10 centimètres. — Le 10 mai, les premières graines lèvent. — 14 mai, levée générale. — 22 mai, on donne le premier binage. — 6 juin, second binage; on distance les plantes en en arrachant une sur deux; les plantes qui restent sont donc écartées de 20 centimètres. — 23 juin, dernier binage. — 27 au 29 juin, commencement de la floraison. — 13 septembre, récolte; les tiges ont été mises en bottes et laissées sur place pour achever leur dessiccation; pesée de la récolte le 18 septembre.

Les trois parcelles montraient comme aspect général une forte différence. La parcelle n° 1, tout en étant belle, était de beaucoup inférieure aux parcelles II et III qui se ressemblaient tout à fait. Tandis que les tiges du n° I mesuraient en moyenne 1.00 mètre (les plus élevées 1.20 m.), celles des nos II et III avaient en moyenne 1.25 mètre (les plus grandes 1.55 m.), et étaient plus vigoureuses et mieux garnies de fruits. Les fleurs des féveroles ayant été pendant la floraison fortement attaquées par les pucerons, ce qui influe beaucoup sur le rendement en graines, nous n'avons pas jugé convenable de baser nos conclusions sur le poids des graines; le tableau suivant contient donc le poids de la récolte totale (tiges et fruits).

Résultats des essais de culture faits en 1877 sur la féverole.

	SURFACE de la parcelle.	POIDS de la récolte.	RENDEMENT à l'hectare.
		kil.	kil.
N° I. Sans engrais	12.50 m^2	12.000	**9600**
N° II. Superphosphate de chaux	19.00 m^2	23.620	**12432**
N° III. Phosphate précipité . .	19.00 m^2	25.500	**13421**

Ces chiffres confirment entièrement les conclusions que nous avons tirées des recherches entreprises dans deux sols différents, en 1876 avec l'avoine et en 1877 avec le froment (1). L'acide phosphorique du phosphate de chaux précipité (insoluble dans l'eau, mais soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin) possède, au point de vue agricole, la même valeur que l'acide phosphorique des superphosphates de chaux (soluble dans l'eau). Le grand argument que l'on a toujours fait valoir en faveur des superphosphates, notamment que leur acide phosphorique peut mieux se répartir dans la couche arable à cause de sa solubilité dans l'eau, doit donc être abandonné. La précipitation de cet acide par l'oxyde de fer, l'alumine, les carbonates de chaux et de magnésie, doit se faire immédiatement à l'endroit où tombe une particule du superphosphate lors de l'épandage de l'engrais; car la plante profite tout autant du phosphate de chaux précipité, du phosphate de fer et du phosphate d'alumine mélangés mécaniquement au sol, que des mêmes combinaisons lorsqu'elles se forment dans le sol, lors de

(1) Voir aussi les expériences complémentaires exécutées en 1878, décrites dans la note reproduite plus loin : *Sur la valeur agricole de l'acide phosphorique dit rétrogradé.*

l'emploi des superphosphates de chaux. La plante doit se comporter du reste d'une façon identique envers les combinaisons de l'acide phosphorique solubles dans le citrate qui se trouvent dans tout sol cultivé, même lorsque celui-ci n'a jamais reçu de fumure aux engrais phosphatés du commerce (1).

La valeur identique de l'acide phosphorique dans ses combinaisons solubles dans l'eau et solubles dans le citrate d'ammoniaque intéresse à la fois l'industrie et l'agriculture.

La première pourra, dès à présent, utiliser tous les phosphates qui, à cause de leur bas titre en acide phosphorique ou de leur haut titre en fer, en alumine et en carbonate de chaux, ne convenaient pas à la fabrication des superphosphates : elle les transformera maintenant en phosphate précipité. La fabrication du phosphate précipité coûtant moins cher que celle du superphosphate et permettant de travailler des phosphates à bas titre, non exploités jusqu'ici, il s'en suivra inévitablement une baisse du prix de l'acide phosphorique dont l'agriculture profitera largement, vu l'emploi colossal qu'elle fait des engrais phosphatés.

Si jusqu'à présent l'agriculture belge a tiré de l'étranger la plus grande partie des phosphates qu'elle emploie, bientôt

---

(1) La présence dans le sol arable de l'acide phosphorique insoluble dans l'eau mais soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin vient d'être constatée dans notre laboratoire par M. Mercier. En nous réservant une communication plus complète sur cette intéressante observation, nous citons comme appui un seul essai.

Sol sablo-argileux de la province de Namur, canton d'Éghezée (n'ayant jamais reçu comme engrais que du fumier de ferme).

I. — Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique froid (méthode ordinaire d'analyse) = 0.4764 °/₀₀.

II. — Acide phosphorique soluble dans l'eau distillée = 0.0220 °/₀₀.

III. — Acide phosphorique soluble dans l'ammoniaque d'une densité de 0.96 = 0.1497 °/₀₀

IV. — Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque d'une densité de 1.09 = 0.4608 °/₀₀.

elle fumera ses champs avec l'acide phosphorique de la craie grise de Ciply, car le problème de l'utilisation de cet immense dépôt nous paraît résolu.

CONCLUSIONS.

De l'ensemble des recherches sur le gisement de Ciply, consignées dans notre premier mémoire de 1874 et dans celui de 1878, nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

I. — Le gisement de Ciply est formé par les couches phosphatées suivantes: *le tuffeau*, *les pierres dures*, *la craie grise* et *le poudingue de la Malogne*.

II. — Les titres en phosphate de chaux tribasique de ces couches sont respectivement de 0.22 p. c., de 13.05 p. c., de 24.56 p. c. et de 43.11 p. c.

III. — Les pierres dures peuvent avantageusement être transformées en chaux vive destinée à l'agriculture.

IV. — En tenant compte à la fois des conditions d'exploitation, de l'abondance des produits et de leur richesse en phosphate, la craie grise de Ciply seule offre de l'intérêt pour l'agriculture comme source inépuisable d'acide phosphorique.

V. — La craie de Ciply à l'état brut ne convient pas à l'emploi agricole : ni directement comme engrais, ni pour enrichir le fumier. La grande quantité de carbonate de chaux qui accompagne le phosphate soustrait celui-ci à l'action dissolvante de l'eau chargée d'acide carbonique, des solutions salines, des humates, etc.

VI. — La craie grise en contact avec le purin ne lui cède point d'acide phosphorique; au contraire, le carbonate de chaux qui l'accompagne précipite à l'état de phosphate tribasique l'acide phosphorique dissous primitivement dans le purin.

VII. — Ni la craie brute de Ciply, ni le produit épuré

par un lavage à grande eau ne conviennent à la fabrication du superphosphate de chaux. Même, abstraction faite du prix de la grande quantité d'acide sulfurique que ce traitement exigerait, il est impraticable, parce que la forte proportion de plâtre qui se forme avant l'attaque du phosphate tribasique absorbe l'acide sulfurique et empêche la dissolution complète du phosphate.

VIII. — La craie grise de Ciply peut être avantageusement utilisée par l'agriculture après sa transformation en phosphate précipité que l'on peut obtenir industriellement et exempt de chlorure de calcium, composé nuisible à la végétation.

IX. — L'acide phosphorique, dans ses combinaisons insolubles dans l'eau mais solubles dans le citrate d'ammoniaque alcalin (acide phosphorique précipité ou rétrogradé, phosphate de chaux précipité, phosphate de fer, phosphate d'alumine), possède, au point de vue agricole, la même valeur que l'acide phosphorique soluble dans l'eau des superphosphates, au moins dans les sols sablonneux et argileux.

LES

GISEMENTS DE PHOSPHATES EN BELGIQUE

TROISIÈME NOTE (1).

Nodules de la marne de Grandcourt et du macigno d'Aubange.

M. Dewalque, notre savant confrère de la Société géologique, ayant exprimé le désir que nous soumettions à l'analyse les phosphates du Luxembourg récemment découverts par M. Jannel, nous avons d'autant plus volontiers accédé à sa demande que depuis des années déjà nous nous occupons de l'étude des phosphates fossiles. Nous renvoyons pour tout ce qui concerne la nature géologique et la description de ces phosphates à la note de M. Jannel (2) et nous nous bornons à indiquer ce qui concerne leur composition telle qu'elle résulte des analyses que nous venons d'exécuter avec le concours de M. Mercier.

Les quinze échantillons qui nous ont été remis par M. Dewalque forment deux groupes distincts, appartenant l'un à la *marne de Grandcourt*, l'autre au *macigno ferrugineux d'Aubange.*

Dans chacun des échantillons, nous n'avons d'abord fait que le dosage de l'acide phosphorique (3), afin de nous renseigner sommairement sur leur richesse et afin de décider

(1) Publié dans *le Bull. de la Société géologique*. 1880.

(2) *Bull. de la Société géologique*, 1880 Nov.

(3) Tous les dosages de l'acide phosphorique ont été faits à l'aide du molybdate d'ammoniaque, après avoir séparé par évaporation de la solution acide du phosphate, la silice et les matières insolubles.

sur quel point surtout les recherches devraient être continuées pour que les trouvailles de M. Jannel, très intéressantes au point de vue géologique, puissent aussi profiter à l'agriculture, car « le phosphate est à l'agriculture ce que la houille est à l'industrie. »

Voici les résultats de ces dosages :

1er GROUPE. — MARNE DE GRANDCOURT.

	ACIDE PHOSPHORIQUE.	PHOSPHATE DE CHAUX CORRESPONDANT.
1° *Nodules*. S-E. de Lamorteau.	17.12 p.c.	37.37 p.c.
2° *Fragments d'ammonites*. S-E. de Lamorteau.	28.01 p.c.	61.15 p.c.
3° *Nodules*. 808 m. O. de Lamorteau	24 32 p.c.	53.09 p.c.
4° *Nodules de la tranchée du chemin de fer de Lamorteau*.	1.22 p.c.	2.66 p.c.
5° *Fragments de lentille calcaire*. Tranchée du chemin de fer de Lamorteau.	2.75 p.c.	6.00 p.c.
6° *Nodules pris à la base de la tranchée* entre la gare d'Athus et la route d'Aubange	21.12 p.c.	46.10 p.c.
7° *Nodules*. Mont-Quintin : côte S. S-E.	28.10 p.c.	61.35 p.c.
8° *Moules intérieurs de fossiles* .	26.50 p.c.	57.85 p.c.

2e GROUPE. — MACIGNO D'AUBANGE.

1° *Nodules*. Au fond du vallon, 1 kilom. S-E. de Mont-Quintin	21.41 p.c.	46 74 p.c
2° *Lignite* transformée en phosphate. (Tranchée du chemin de Couvreux à Dampicourt)	19.23 p.c.	41.98 p.c.
3° *Nodules*. 500 m. E. de Harnoncourt	8.64 p.c.	18.85 p.c.

	ACIDE PHOSPHORIQUE.	PHOSPHATE DE CHAUX CORRESPONDANT.
	—	—
4° *Nodules* (très ferrugineux). Tranchée à l'intersection du chemin de Mont-Quintin à Couvreux et Dampicourt.	9.31 p.c	20.32 p.c
5° *Nodules* de la côte N. N-E. d'Aubange à 500 m. du village	20.10 p c.	43.88 p c
6° *Nodules* 1 kilom O. d'Aubange	23.68 p.c.	51.68 p.c.
7° *Moules intérieurs de fossiles* à 1 kilom O. d'Aubange . .	26 00 p.c.	57.85 p c.

Il résulte des chiffres précédents que plusieurs des échantillons renferment une proportion notable d'acide phosphorique. En effet, le titre de 28 p. c. que nous avons constaté dans les fragments d'ammonites et dans les nodules de Mont-Quintin, ne se rencontre qu'exceptionnellement dans les phosphates fossiles.

Les phosphates du macigno sont moins riches : le maximum n'atteint que 26 p. c. pour les moules intérieurs de fossiles et 23.68 p. c. pour les nodules des environs d'Aubange. La richesse en acide phosphorique est d'ailleurs très-variable, car elle descend pour un échantillon de la marne de Grandcourt jusqu'à 1.22 p. c. et pour les nodules de Harnoncourt à 8.64 p. c.

Nous appelons encore l'attention sur deux échantillons offrant de l'intérêt au point de vue de l'histoire naturelle de l'acide phosphorique : la lentille calcaire dont la masse, à l'exclusion des fossiles qui s'y trouvent empâtés, renferme plus de 3 p. c. d'acide phosphorique, et le lignite qui, probablement par l'imprégnation par une dissolution de phosphate de chaux dans l'acide carbonique, a complètement modifié sa nature et sa composition. L'analyse de tous les échantillons précédents est d'ailleurs une nouvelle preuve que le phosphate fossile est très-répandu en Belgique ;

toutefois, nous ne possédons que le gisement de Ciply qui, pour le moment, est seul exploitable et exploité.

Après ces analyses sommaires, faites dans le but de nous renseigner provisoirement sur la composition des nodules du Luxembourg, nous avons formé pour chaque groupe un échantillon moyen, en broyant ensemble les échantillons indiqués sous les numéros 1, 3, 4, 6 et 7 de la marne de Grandcourt, et sous les numéros 1, 3, 4, 5 et 6 du macigno. Ces échantillons moyens nous ont donné la composition suivante :

	NODULES	
	DE LA MARNE DE GRANDCOURT.	DU MACIGNO D'AUBANGE.
	—	—
Eau (1)	0.98	2.01
Matières organiques (2)	3.34*	4.40*
Oxyde de fer	3.33	8.33
Alumine	2.47	4.99
Chaux	39.00	27.70
Magnésie	1.10	0.96
Potasse	0.41	0.73
Soude	0.65	0.54
Acide phosphorique	19.39	14.86
Acide sulfurique	0.71	0.34
Acide carbonique	11.05	6.93
Insoluble (silice et argile)	15.40	27.05
Fluor, chlore et perte de l'analyse	2.17	1.16
	100.00	100.00
* renfermant azote	0.076	0.029

(1) Perte à 105° C.

(2) Le dosage des matières organiques a été opéré en incinérant à douce chaleur la matière desséchée à 150° C. jusqu'à combustion complète des parties charbonneuses. Dans le but de transformer en carbonate la chaux libre qui aurait pu se former par une calcination trop forte, nous avons arrosé les cendres avec de l'eau distillée chargée d'acide carbonique sous pression, nous avons évaporé plusieurs fois à siccité et séché de nouveau á l'étuve avant de peser. Nous préférons maintenant l'eau chargée d'acide carbonique au carbonate d'ammoniaque employé ordinairement, d'abord parce qu'il est très-difficile de préparer du carbonate d'ammoniaque volatil sans résidu et ensuite parce que son emploi exige une nouvelle calcination pour chasser l'excès du réactif.

Le titre moyen des nodules de la marne de Grandcourt se rapproche beaucoup de celui des nodules du poudingue de la Malogne, que nous avons fixé à 19.75 p. c. d'acide phosphorique[1], mais il existe néanmoins une différence considérable entre les deux produits. Tandis que les nodules du poudingue sont constitués par un mélange de phosphate et de carbonate de chaux, accompagnés de quantités minimes de silice, de sulfate de chaux et d'oxyde de fer, dans les nodules de la marne de Grandcourt, le phosphate et le carbonate de chaux sont mélangés à des proportions très-fortes de silice, d'argile, d'oxyde, de carbonate et de silicate de fer. Tout l'acide phosphorique s'y trouve à l'état de phosphate de chaux tribasique et non en partie comme phosphate de fer et d'alumine. — En effet, lorsqu'on calcule la chaux correspondant à l'acide carbonique et à l'acide sulfurique et qu'on soustrait le chiffre trouvé du titre total en chaux, il reste assez de celle-ci pour former avec l'acide phosphorique du phosphate tricalcique; il en reste même pour former avec le fluor du fluorure de calcium. Les phosphates traités à l'eau distillée ne cèdent d'ailleurs point d'acide phosphorique; traités au citrate d'ammoniaque, qui est cependant un dissolvant très énergique pour les phosphates bibasiques de chaux, de magnésie, de fer et d'alumine, on ne dissout que 0.13 p. c. d'acide phosphorique dans les nodules de la marne de Grandcourt et 0.29 p. c. dans ceux du macigno.

Dans les nodules du macigno, la proportion de silice, d'argile, d'oxyde de fer et d'alumine, est encore plus forte que dans les nodules de la marne; le titre en phosphate et en carbonate de chaux est, par contre, plus faible. Les uns comme les autres sont évidemment d'origine organique. Ils ressemblent sous ce rapport beaucoup aux nodules du pou-

---

(1) *Voir page 27.*

dingue et même à la craie grise de Ciply[1]. Lorsqu'on les chauffe, il s'en dégage, pendant que la masse noircit, une forte odeur empyreumatique, rappelant un peu l'odeur de matières organiques azotées brûlées.

Nous avons d'ailleurs constaté une faible quantité d'azote dans les nodules pulvérisés, en en calcinant 5 gr. avec de la chaux sodée. Une partie de la matière organique se comporte tout à fait comme l'acide humique. Lorsqu'on met en digestion une vingtaine de grammes de la poudre des nodules avec une trentaine de centimètres cubes d'ammoniaque ($D = 0.96$), on obtient une dissolution légèrement jaunâtre pour les nodules de la marne, plus foncée pour ceux du macigno; cette dissolution après avoir été concentrée et acidulée par l'acide chlorhydrique, laisse déposer des flocons brunâtres, possédant toutes les propriétés de l'acide humique. Lorsqu'on décompose les nodules par l'acide chlorhydrique avant leur traitement par l'ammoniaque, le rendement en matière floconneuse brunâtre est plus fort, ce qui rend probable l'hypothèse qu'une partie de la matière organique se trouve combinée à la chaux ou à l'oxyde de fer (humates de chaux et de fer?).

La poudre des nodules du Luxembourg chauffée légèrement dans un tube d'essai et examinée dans l'obscurité ne montre point de phosphorescence, comme on l'observe pour d'autres phosphates fossiles, entre autres pour les nodules du poudingue de la Malogne.

Quant au mode d'utilisation des phosphates du Luxembourg, il faudra d'abord attendre jusqu'à ce que de nouvelles explorations des endroits où nous avons constaté des produits à haut titrage aient décidé si les nodules sont assez abondants pour donner lieu à une exploitation. Ils

---

(1) V. Melsens, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série. t. XXXVIII.

conviennent d'ailleurs, surtout ceux de la marne de Grandcourt, à la fabrication du phosphate dit précipité et du superphosphate de chaux. Si, pendant longtemps, on a cru devoir exclure de cette fabrication les phosphates renfermant quelques pour cent d'oxyde de fer et d'alumine, parce qu'une partie de leur acide phosphorique rendu soluble rétrograde, c'est-à-dire forme peu à peu du phosphate de fer et d'alumine insoluble dans l'eau, ce préjugé tend à disparaître depuis que nous avons démontré expérimentalement que les phosphates dits rétrogradés sont parfaitement assimilables par les végétaux et possèdent une valeur agricole égale à celle du phosphate acide de chaux. Sous ce rapport, il n'y a point d'obstacle à ce que les nodules riches du Luxembourg soient un jour employés par l'agriculture.

LES

GISEMENTS DE PHOSPHATES EN BELGIQUE

QUATRIÈME NOTE (1).

Phosphate riche de Mesvin-Ciply.

L'immense dépôt de craie phosphatée du Hainaut continue plus que jamais à attirer l'attention des géologues, des chimistes et des agronomes. La remarquable découverte de MM. Cornet et Briart a eu des conséquences heureuses : plusieurs extractions importantes ont été créées; on a appris à épurer la craie phosphatée et à l'employer à la fabrication du superphosphate et du phosphate précipité; elle alimente non-seulement les fabriques d'engrais du pays, mais elle est aussi exportée en Angleterre, en France et en Allemagne.

Par nos recherches antérieures, nous avions établi que le gisement de Ciply est formé par les quatre produits phosphatés suivants :

Tuffeau de Ciply	renfermant en moyenne	0.10 p.c.	d'acide phosphorique.
Pierres dures de Ciply	»	5.98 p.c.	»
Craie grise »	»	11.25 p.c.	»
Poudingue de la Malogne	»	19.75 p.c.	»

Aujourd'hui, nous publions une courte note sur un nouveau phosphate qui doit être ajouté à la liste précédente et

(1) Publiée dans le *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série. t. I.

qui offre un intérêt tout particulier au point de vue géologique et agricole.

Déjà dans le courant de l'année 1879, notre attention a été éveillée par quelques échantillons de phosphate de Ciply que nous étions appelé à analyser et dont le titre élevé en acide phosphorique variait de 28 à 30 p. c. La présence de matières organiques dans ce phosphate riche et son état physique nous prouvaient qu'il ne s'agissait nullement d'un produit résultant de l'épuration mécanique de la craie grise telle qu'elle est maintenant pratiquée, mais que nous devions avoir à faire à un phosphate naturel très riche, inconnu jusqu'alors. Nous ne nous étions pas trompé. En effet, peu de temps après, M. Léopold Bernard, ingénieur à Mons, nous informa que, sur la concession de craie grise qu'il possède dans la commune de Mesvin, il avait découvert, à une faible profondeur, une couche d'un phosphate terreux, très pauvre en carbonate, mais très riche en phosphate de chaux et qui n'avait pas encore été signalé. Cette communication nous engagea à nous rendre sur les lieux où nous pûmes entièrement confirmer le fait avancé par M. Bernard.

A une profondeur de deux à trois mètres en dessous de la terre arable et d'une couche de sable glauconifère riche en silex, on rencontre sur une surface très-étendue(1) une couche de 0m.25 d'épaisseur environ d'une substance en poudre grenue, faiblement agglomérée, pesante, humide au toucher, de couleur châtaine, ressemblant, à l'inspection superficielle, à du sable très-ferrugineux.

La couche telle qu'elle est mise à nu près de l'usine de M. Bernard, à gauche de la route de Mons à Maubeuge, possède une légère pente du nord à l'est. Cette couche n'est pas continue, elle présente cette particularité qu'elle forme fréquemment des excavations coniques dont les

---

(1) On en a déjà extrait plusieurs milliers de mètre cubes

dimensions varient de quelques centimètres à 6 mètres de circonférence. Une coupe d'une de ces poches est représentée par le croquis ci-après.

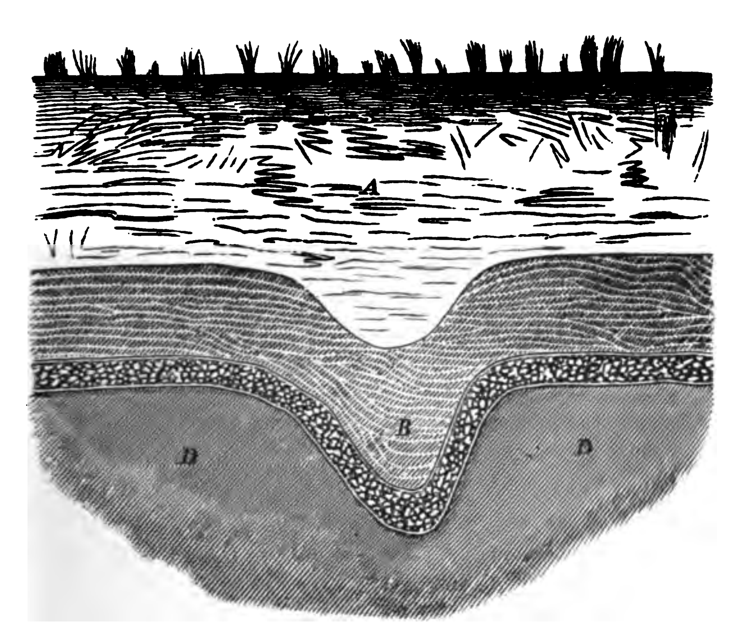


Fig. 2.
A. Sol et sous-sol. — *B*. Sable glauconifère. — *C*. Phosphate riche. — *D*. Craie grise.

L'extraction de ce phosphate — que nous voudrions appeler, afin d'éviter une confusion avec les autres produits du gisement de Ciply, « phosphate riche de Mesvin-Ciply » — est excessivement simple, car, pour le retirer, il suffit d'une extraction à ciel ouvert la plus élémentaire, à l'aide de pioches et de pelles. La seule précaution que les ouvriers aient à prendre lorsqu'ils arrivent aux poches qui renferment le phosphate le plus riche, est celle d'extraire le cône intérieur de sable glauconifère avant d'entamer le manteau de phosphate.

6

Le produit extrait est séché sur des séchoirs à feu perdu, mais il ne subit aucune autre préparation, ni chimique, ni mécanique. Rarement on est obligé de jeter le phosphate à travers une claie, afin de séparer les fossiles, les morceaux de craie grise ou les pierres qui s'y trouvent quelquefois mélangés et de rendre ainsi le produit plus homogène.

Un échantillon moyen préparé avec plusieurs échantillons que nous avions pris aux différents endroits du gisement et à diverses poches, nous a donné la composition suivante :

Composition du phosphate riche de Mesvin-Ciply.

	Matière brute.	Matière sèche.
Eau	12.02	»
Matières organiques	4.58*	5.21*
Oxyde de fer et alumine	3.48	3.96
Chaux	36.71	41.72
Magnésie	0.74	0.84
Potasse	0.88	1.00
Soude	0.99	1.13
Acide phosphorique	24.45	27.79
Acide sulfurique	1.04	1.18
Acide carbonique	4.45	5.06
Insoluble (silice, sable)	9.40	10.68
Chlore	Traces	Traces
Fluor et pertes	1.26	1.43
	100.00	100.00
* Renfermant azote	0.025	0.028

Il résulte de cette analyse que la composition du « phosphate riche » est absolument différente de celle de la craie grise, qui contient, d'après notre analyse, 28.10 p. c. d'acide carbonique, 11.66 p. c. d'acide phosphorique et 53.24 p. c. de chaux(1). Le premier renferme beaucoup plus de silice, d'oxyde de fer, d'alumine et plus d'alcalis que la craie grise,

(1) Voir p. 28.

ce qui peut s'expliquer par la présence du sable glauconifère superposé au phosphate riche.

Le phosphate riche, comme les autres produits du dépôt de Ciply, renferme en abondance des matières organiques; il contient même de l'azote, en faible quantité, il est vrai, mais toutefois en quantité suffisante pour en permettre le dosage. Ce fait est une nouvelle preuve de l'origine organique des phosphates de Ciply.

Si, au point de vue de leur titre en carbonate et en phosphate de chaux, le « phosphate riche « et la « craie grise » sont absolument différents, ils ont cependant une ressemblance que l'on reconnaît très facilement sous le microscope à l'aide d'un faible grossissement. Le « phosphate riche » est constitué par les mêmes petits grains phosphatés que ceux que l'on rencontre, empâtés dans un grand excès de carbonate de chaux, dans la « craie grise » et même dans les « pierres dures » ou « pierres perforées de Ciply ».

Cette circonstance nous permet aussi d'émettre une opinion, qui est également celle de M. l'ingénieur Bernard, sur la formation de la couche du « phosphate riche ». Il nous paraît, en effet, plus que probable qu'il est le résultat d'une épuration naturelle de la craie grise par l'eau, la nature s'étant chargée de faire sur une grande échelle l'épuration mécanique par lavage que M. Melsens a proposée à l'industrie dans son intéressante étude sur la craie grise[1]. Seulement, outre l'épuration complète par entraînement du carbonate de chaux qui, dans la craie grise, cimente les grains phosphatés, épuration que l'on peut produire artificiellement, les eaux naturelles ont poussé leur action plus loin : elles ont été jusqu'à dissoudre une certaine quantité du carbonate faisant partie constituante des grains mêmes. La présence des nombreuses poches prouve,

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXVIII, p. 29.

en effet, que les eaux ont joué un grand rôle dans la formation du « phosphate riche ». D'ailleurs, sans faire intervenir l'action mécanique et chimique des eaux, il nous paraît impossible d'expliquer comment le dépôt du « phosphate riche », plus dense que la craie grise, puisse se trouver au-dessus de celle-ci (1). L'explication de la formation du « phosphate riche » par une infiltration dans la craie grise d'une solution de phosphate provenant d'une couche supérieure ne peut être admise, puisque le sable glauconifère qui recouvre le « phosphate riche » ne renferme point de trace d'acide phosphorique. Nous avons d'ailleurs fait l'analyse complète de ce produit, afin de bien nous renseigner sur sa véritable nature. Nous ajoutons, à titre de renseignement, que le dosage des alcalis a été fait sur la matière décomposée par l'acide fluorhydrique gazeux, et celui du fer, de la chaux et de la silice, après avoir fondu le sable avec du carbonate de soude.

Composition du sable glauconifère recouvrant le « phosphate riche » de Mesvin-Ciply.

Perte par calcination	18.91
Oxyde de fer	17.95
Chaux	0.57
Potasse	3.72
Soude	0.58
Acide sulfurique	0.24
Acide silicique	56.70
Non dosé et pertes de l'analyse	1.33
	100.00

Le sable est absolument exempt d'acide phosphorique. Il n'a donc pu intervenir dans la formation du « phosphate

(1) Nous rappelons ici que MM. Cornet et Briart avaient déjà observé que les grains bruns abondent dans les bancs supérieurs de la craie grise. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t XXXVII, p. 840.)

riche ». Tout au plus est-il la cause, comme nous l'avons déjà dit plus haut, du titre de ce phosphate en oxyde de fer et en silice. Quoi qu'il en soit, la faible quantité de carbonate de chaux, la richesse en acide phosphorique et l'état pulvérulent sous lequel se présente le « phosphate riche de Mesvin-Ciply » le rendent parfaitement apte à la fabrication d'engrais phosphatés assimilables, dont l'agriculture belge fait déjà une si large consommation.

LES

GISEMENTS DE PHOSPHATES EN BELGIQUE.

CINQUIÈME NOTE(1).

Le phosphate du bois d'Havré. — Les phosphates du Limbourg. — Les nodules du sable yprésien de la Flandre.

Depuis la publication de nos derniers travaux sur les phosphates fossiles en Belgique, dans lesquels il est particulièrement question des nodules de la marne de Grandcourt et du macigno d'Aubange, ainsi que du phosphate riche de Mesvin-Ciply, plusieurs découvertes remarquables ont été amenées par les recherches assidues qui se font, pour ainsi dire, sur tous les points du pays.

La plus importante au point de vue industriel et agricole, comme aussi celle qui, d'après l'ordre chronologique, doit être citée la première est la découverte faite dans le bois d'Havré (Havré-Obourg), propriété du prince de Croÿ, par M. le professeur Lambert, à la suite de sondages exécutés par M. Denys.

Signalée par nous en janvier 1884(2), la découverte de M. Lambert a donné naissance à une exploitation considérable, qui constitue un véritable bienfait pour l'agriculture, le gisement riche de Mesvin-Ciply étant jusqu'alors le

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 31 (oct 18-4).

(2) *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 30, p. 10.

seul produisant des phosphates qui, sans aucune espèce d'épuration, peuvent être avantageusement employés à la fabrication d'engrais assimilables.

Le phosphate du gisement d'Havré, localité située à quelques kilomètres de Mons et de Ciply, est caractérisé par une couleur gris-verdâtre. Pauvre en carbonate de chaux (10 à 13.5 p. c.), exigeant, par conséquent, une dépense faible en acide lors du travail industriel, titrant de 54.5 à 62 p. c. de phosphate de chaux tribasique, d'après l'analyse que nous avons faite d'une centaine d'échantillons, le phosphate d'Havré constitue une excellente matière première pour la fabrication de superphosphates. Sous le rapport de la richesse et des propriétés physiques, ceux-ci ne laissent rien à désirer.

Il y a peu de temps, M. le professeur Blas a également étudié le phosphate d'Havré et il a constaté, dans un échantillon moyen pris le long d'une tranchée de 50 mètres, un titre de 25.86 p. c. d'anhydride phosphorique, ce qui équivaut à 56.43 p. c. de phosphate tricalcique. Nous renvoyons à l'intéressante note(1) de M. Blas, qui donne les renseignements minéralogiques et chimiques les plus détaillés sur le « phosphate vert du bois d'Havré » et dont la conclusion la plus importante, au point de vue de l'histoire naturelle des gisements phosphatés du Hainaut, nous paraît celle que l'auteur formule, après avoir rappelé l'opinion, que nous avions exprimée en 1881, que le phosphate riche brun de Ciply montre les mêmes petits grains Phosphatés que la craie grise et que les pierres dures de Ciply. M. Blas dit : « On peut donc conclure de ce qui précède que tous ces phosphates renferment comme matière phosphatée des grains identiques d'un aspect jaune ou verdâtre... Ces grains phosphatés

---

(1) *Bull. de l'Acad roy. de Belgique*, 3e série, t. VIII, p. 185.

ne paraissent différer entre eux que par l'état d'agrégation, par le degré de cimentation avec la matière calcareuse et par la teinte provenant des matières organiques et du composé de fer. »

Lors d'une visite au gisement d'Havré faite par nous dans le courant du mois d'août, M. Lambert a bien voulu nous montrer plusieurs trous de sondage par lesquels il s'était échappé, lors du creusement, de fortes quantités d'acide carbonique. La véhémence et le bruit avec lequel le gaz est sorti font admettre que l'acide carbonique s'était accumulé sous pression dans des vides couverts par l'argile bleuâtre landenienne, qui se rencontre au-dessus du phosphate riche d'Havré, à une profondeur moyenne de 7 mètres. Ce fait nous a vivement intéressé. Dans notre étude sur le phosphate riche de Mesvin-Ciply, nous avions émis l'opinion que ce produit était le résultat d'une épuration naturelle de la craie grise, produite soit par entraînement mécanique, soit par dissolution du carbonate de chaux. La découverte de poches à acide carbonique comprimé, d' « acide carbonique fossile », s'il est permis de s'exprimer ainsi, vient puissamment à l'appui de notre manière de voir. L'eau chargée d'acide carbonique est, en effet, un dissolvant énergique du carbonate de chaux. Elle l'est à tel point, que l'on vient de prendre un brevet pour l'employer à l'épuration industrielle de la craie grise.

La présence de poches à acide carbonique dans les gisements de phosphates du Hainaut s'explique d'ailleurs très aisément par la réaction de la pyrite oxydée sur le carbonate calcaire. Le sable glauconifère et l'argile sont si riches en pyrite que les masses enlevées de la grande tranchée près du siège de l'exploitation sont couvertes d'efflorescences de soufre et de sulfate de fer et que des vapeurs d'eau chargées d'acide sulfureux s'élèvent des séchoirs de phosphate.

Le phosphate riche de Mesvin-Ciply, produit de l'épu-

ration naturelle de la craie grise, s'est formé sur place, tandis que, d'une part, la nature essentiellement stratifiée du phosphate vert d'Havré, et, d'autre part, l'absence presque complète de fossiles dans ce gisement rendent plus que probable qu'il s'agit d'un dépôt de transport.

Voici d'ailleurs une coupe du terrain au bois d'Havré que M. l'ingénieur Denys a bien voulu nous faire parvenir :

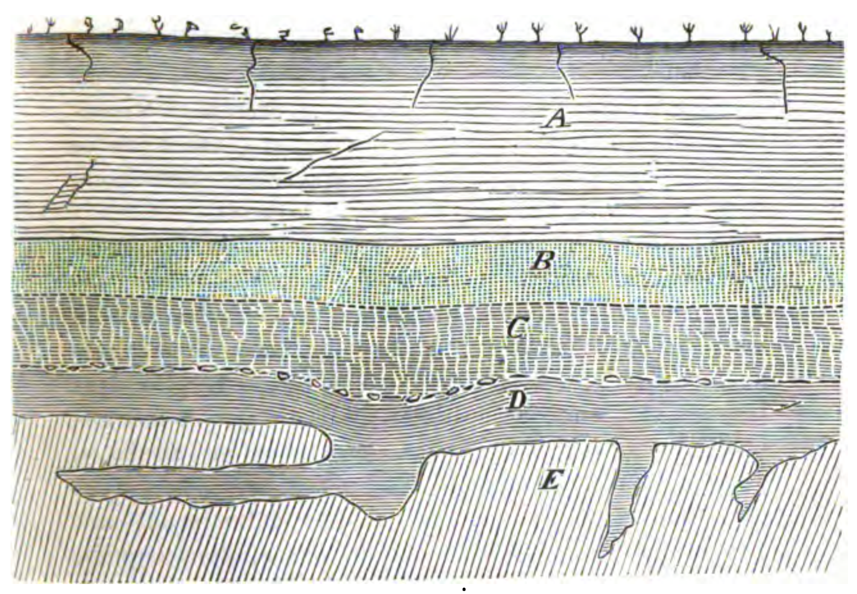


Fig. 3.

A. Sable argileux jaune et argile sableuse jaune (2m à 5m50) quaternaire.
B. Sable vert fort glauconifère et mouvant (0m20 à 5m00). Tertiaire landénien marin.
C. Argile sableuse vert foncé compacte et imperméable aux eaux (0m à 2m50). Tertiaire landénien marin.
D. Couche de phosphate riche.
E. Couche de craie grise.

Quelques mois après la découverte du phosphate d'Havré, des explorations couronnées de succès ont été commencées sur d'autres points du pays.

En effet, les recherches faites en 1883 par M. l'ingénieur Hees, dans la province de Limbourg, sur la concession de M. Spierings, ont amené, outre la constatation de la présence du tuffeau et de la craie grise, la découverte d'un phosphate terreux, mélangé à du sable et à de l'argile, assez abondant, mais de composition très variable. Certaines parties sont beaucoup plus riches que la craie grise des environs de Mons, car il résulte de nos analyses que le titre monte quelquefois jusqu'à 42 p. c. de phosphate tricalcique. Les bancs de tuffeau et les couches de phosphate découverts par M. Hees passent par les communes de Russon (Tongres), Sluze, Herderen et Vroenhoven; une autre ligne part de Russon et s'avance jusque dans la province de Liège, en traversant Brouckom, Lowaige, Thys, Lantin, Rocour et Herstal.

MM. Franken, Lohest et Pasque(1) ont également entrepris, à partir de cette année, des recherches dans le but de découvrir des phosphates exploitables dans le massif crétacé du Limbourg. Ils ont rencontré le phosphate de M. Hees mélangé au sable et à l'argile dans lesquels sont empâtés des silex. Mais ce qui donne une importance réelle aux recherches faites en Hesbaye, c'est que MM. Franken, Lohest et Pasque ont découvert, en dessous de l'assise à silex volumineux, une couche d'argile sableuse, verte ou brune, dans laquelle se trouvent disséminées des concrétions blanchâtres de grosseur variable, assez dures et d'une richesse variant de 52 à 91 p. c. de phosphate tricalcique.

La couche à nodules phosphatés, comme le démontre la coupe (fig. 4) que je dois à l'obligeance de M. Lohest, assistant de géologie à l'Université de Liège, se trouve

---

(1) *Annales de la Soc. géol. de Belgique*, t. XI, 1884, et t. XII, 1885.

immédiatement au-dessus de la craie blanche, qu'elle ravine

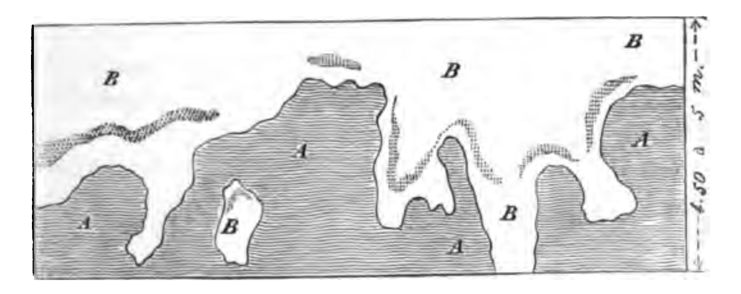


Fig. 4.

A. Craie blanche senonienne.
B. Argile, sable et silex.
Le pointillé indique les endroits où se trouvent des nodules phosphatés.

fortement. La craie blanche a, d'après les analyses de M. Franken, une teneur de 1 à 7 p. c. de phosphate.

Une des plus anciennes découvertes de phosphate fossile en Belgique est, comme on le sait, la constatation de la présence de nodules dans les assises tertiaires, faite, il y a seize ans, par M. Lambert, lors du forage d'un puits artésien sur la place du Peuple, à Louvain. Longtemps on a pris ce fait pour isolé et local. Cependant, il n'en est nullement ainsi. Le phosphate de chaux fossile s'étend à tous les étages du système yprésien de Dumont. Les découvertes de M. le capitaine Delvaux ne laissent plus de doute à cet égard; elles sont, par conséquent, d'un grand intérêt scientifique, même si elles ne deviennent pas la base d'une exploitation. Constatée déjà en 1882 dans la partie supérieure sableuse du territoire de Bruxelles et, plus tard, à Renaix, la présence de nodules phosphatés

vient d'être également démontrée par M. Delvaux[1] sur le territoire de Flobecq, dans les blocs volumineux appartenant au banc à *nummulites planulata* de l'étage yprésien supérieur. Ces nodules sont de grosseur moyenne, réniformes, durs, tenaces, résistants, d'une couleur jaune verdâtre, qui passe au gris bleuâtre suivant qu'ils proviennent de niveaux stratigraphiques de plus en plus profonds. Ce sont les nodules du sable qui sont le mieux conservés; ceux de l'argile sont presque toujours brisés et réduits en menus fragments.

Nous avons entrepris l'analyse complète[2] des phosphates tertiaires de la Flandre, sur des échantillons que M. Delvaux a bien voulu nous envoyer quelques jours après sa découverte. Voici les résultats obtenus :

	N° I	N° II
Eau (perte à 105° C.)	1.72	1.53
Matières organiques (humiques et bitumineuses)	2.62*	2.56*
Oxyde de fer et alumine	7.26	4.92
Chaux	29.55	39.22
Magnésie	Traces	0.30
Potasse	0.45	0.33
Soude	0.70	0.64
Acide phosphorique	19.35	25.80
Acide sulfurique	0.68	1.51
Acide carbonique	4.69	7.44
Insoluble (sable et argile)	31.35	15 58
Chlore	Traces	0.05
Soufre sous forme de pyrite, traces de fluor, de manganèse et perte de l'analyse	1.63	0.12
	100.00	100.00
* Renfermant azote	0.022	0.022

N° I provenant du banc massif, à *nummulites planu-*

(1) *Annales de la Soc géol. de Belgique*, t. XI, 1884

(2) Ces analyses ont été faites avec le concours de M. l'ingénieur Graftiau, préparateur à la Station agricole.

lata, des sables supérieurs yprésiens, à Flobecq, hameau de Lumenne. Cote d'altitude + 70.00.

N° II provenant de l'argile sableuse, gris bleuâtre, à poussière de mica. Échantillon moyen de nodules trouvés à Renaix, dans le puits Dupont (cote + 31.50) et dans la tranchée de la gare (cote + 42.50).

Les nodules des couches sablonneuses de l'yprésien renferment beaucoup plus de matières insolubles dans les acides minéraux (sable, argile, mica, grains de glauconie) et plus d'oxyde de fer et d'alumine que ceux de l'argile; ils sont, par conséquent, plus pauvres en phosphate de chaux; leur titre en cet élément est respectivement de 42.24 et de 56.32 p. c. Une partie de l'oxyde de fer et de l'argile est remplacée dans les nodules de la couche argileuse par le carbonate de chaux. Ce sont là les différences essentielles de composition des deux phosphates; toutes les autres sont accessoires.

Nous ajoutons qu'il existe une étroite ressemblance, comme aspect et comme composition, entre les échantillons de l'argile de Renaix et ceux découverts il y a quatre ans par M. Jannel, dans le voisinage d'Aubange, particulièrement ceux trouvés à 1 kilomètre à l'ouest de cette localité, dans lesquels nous avons constaté un titre de 51.68 p. c. de phosphate tricalcique.

La matière organique faiblement azotée qui entre dans la composition des nodules tertiaires de la Flandre se comporte absolument comme celle des autres phosphates du pays. Chauffés dans un tube, ou soumis à la calcination, ou traités par l'ammoniaque, ou dissous dans l'acide chlorhydrique, les nodules du poudingue de la Malogne, la craie grise de Ciply, les « pierres dures », le phosphate riche de Mesvin-Ciply et d'Havré, les nodules du Luxembourg et ceux des Flandres donnent un ensemble de réactions d'une grande ressemblance, analogie qui nous a toujours beaucoup frappé et qui nous a déjà fait conclure, dans nos

recherches antérieures, à une origine organique commune de tous ces phosphates. M. Blas, dans son travail déjà cité, vient de fournir un nouvel appui à cette conclusion, car il a démontré que la matière organique fait réellement partie constituante[1] des grains phosphatés, en isolant, sous le microscope, à l'aide d'acide chlorhydrique, une pellicule silico-organique qui enveloppe les nodules microscopiques des phosphates de Mesvin-Ciply et d'Havré.

---

(1) Nous rappelons ici que l'étude des phosphates du Luxembourg nous a fait admettre qu'une partie de leur matière organique se compose d'humates de chaux et de fer (voir p. 77).

III

NOTES

SUR LES PHOSPHATES DES ILES PHŒNIX,

DE CAÇERÈS ET DE NORWÈGE.

LES

PHOSPHATES DES ILES PHŒNIX[1].

M. Morhange, consul général de Belgique à San-Francisco, a adressé à M. le Ministre des affaires étrangères quatre échantillons de guano, dont on a découvert nouvellement des gisements importants, exploités par la « Phœnix Guano Company », de Honolulu. Nous publions les analyses que nous avons exécutées et nous empruntons au rapport qui accompagnait l'envoi des échantillons de M. Morhange les indications suivantes sur l'origine de ces nouveaux produits:

Dans les régions équatoriales du Pacifique, au sud de la ligne, se trouve un groupe d'îles de guano connu sous le nom de « Phœnix Islands ». La partie submergée de ces îles, jusqu'à une profondeur de cinquante pieds au moins, ainsi que la portion qui s'élève au-dessus du niveau de la mer, est de formation essentiellement madréporique et repose sur le sommet de quelque volcan sous-marin éteint, toutes les petites îles de corail, comme on les appelle, n'étant, en réalité, que le prolongement de la grande chaîne de montagnes volcaniques qui traverse la Polynésie.

D'autre part, ces îles sont comme criblées de dépressions de profondeur et d'étendue variables, qui furent jadis les lits d'autant de lagunes. C'est dans ces dépressions que se trouvent les dépôts de guano recouverts par une couche de sable, de galets et de corail désagrégé, souvent de six pieds

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 5 (février 1873).

de profondeur. L'épaisseur des gîtes varie de six pouces à quatre pieds. Dans les lits les plus anciens, les dépôts de matière pulvérulente sont superposés à des masses de roches phosphatiques compactes, d'une grande puissance.

Les échantillons n^{os} I, IV et VI représentent la composition de ces roches phosphatées, tandis que le n° XII indique celle de ce qui a été ramassé à la surface des lagunes desséchées.

Composition des phosphates des îles Phœnix.

	I	IV	VI	XII
Eau	1.19	1.19	2.08	2.39
Matières organiques*	2.03	5.22	3.97	10.60
Chaux	46.32	50.66	44.39	45.13
Magnésie	4.93	2.38	6.17	2.13
Acide carbonique	4.62	0.30	3.47	0.68
Acide phosphorique	41.03	37.62	38.69	37.28
Acide sulfurique	0.20	3.05	1.88	1.22
Sable	0.22	0.99	0.24	0.10
Traces de fer, d'alcalis et de fluor.				
	100.54	101.41	100.89	99.53
*Renfermant azote	0.39	0.77	0.61	0.77

L'analyse de ces échantillons nous démontre que nous avons à faire à des phosphates naturels d'un titre très élevé. La composition moyenne des n^{os} I, IV et VI nous indique

39.11 p. c. d'acide phosphorique.

Le phosphate de chaux est accompagné de petites quantités de sulfate de chaux, de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie. La quantité de matières organiques est si faible, que les échantillons I et VI sont presque blancs, et l'échantillon IV n'est que légèrement coloré en brun. Cette faible coloration nous indique aussi l'absence de l'oxyde de fer, dont on ne rencontre que des traces. Le fluor et les alcalis s'y trouvent également en quantité tout à fait minime.

La teneur moyenne en azote des trois échantillons est de 0.59 p. c. Les guanos des îles Phœnix ne peuvent donc aucunement être comparés au guano du Pérou (type des guanos azotés); leur composition ressemble davantage à celle du guano des îles Baker (type des guanos non azotés). Mais, tandis que le dernier provient de quantités immenses d'excréments d'oiseaux accumulés pendant des siècles et dépouillés de leurs sels ammoniacaux par les flots de la mer, les guanos des îles Phœnix ne sont qu'un produit secondaire d'anciens dépôts de guano. Le commencement de ces dépôts était très probablement formé par des myriades de poissons morts dans les eaux des lagunes, lorsque celles-ci s'élevèrent au-dessus du niveau de la mer, et par les excréments d'une multitude innombrable d'oiseaux aquatiques attirés par l'odeur des poissons morts. Ces immenses dépôts de déjections, de restes d'oiseaux et de poissons ont été exposés à l'action séculaire des eaux pluviales chargées d'acide carbonique. Celles-ci ont fini par dissoudre le carbonate et le phosphate de chaux et surtout les phosphates alcalins des excréments; elles se sont infiltrées dans les roches madréporiques en les transformant en phosphate de chaux. Les guanos des îles Phœnix seraient donc le résultat d'une double décomposition produite par l'action des phosphates alcalins sur le carbonate de chaux, en formant du phosphate de chaux insoluble et des carbonates alcalins solubles.

Puisque nous devons ranger les guanos des îles Phœnix parmi les phosphates naturels non azotés, on voit de suite que leur emploi direct comme matière fertilisante ne peut produire, même dans les meilleures conditions (sols riches en matières organiques et en azote), qu'un effet très faible et nullement en rapport avec l'action que le cultivateur attend de l'achat des engrais commerciaux. Pour que ces phosphates agissent plus vite, il faut faciliter leur assimilation en les attaquant par l'acide sulfurique. Les phosphates des

îles Phœnix comptent, en effet, parmi les meilleures matières premières qui existent pour la fabrication des superphosphates. Leur titre en phosphate de chaux est très élevé et ils sont très pauvres en carbonate calcaire, qualités importantes pour la fabrication des superphosphates.

LA PHOSPHORITE DE CAÇERÈS (1).

La phosphorite de Caçerès (Espagne) importée en Belgique provient des mines « Esmeralda », « Marie Stuart », « San-Salvador » et « San-Eugenio », situées dans le « Calerico ». On appelle Calerico le pays qui s'étend au sud et au sud-ouest de Caçerès, sur une étendue de 6 kilomètres de long et 3 1/2 kilomètres de large. Son sol est formé de roches calcaires reposant sur des roches quartzeuses qui s'appuient à l'est sur les quartzites et à l'ouest sur les granits ayant tous les caractères du terrain silurien. Le phosphate de chaux se rencontre dans les poches formées par les différentes couches du calcaire; il se présente à l'état terreux ou compacte, en rognons ou en nodules, les uns compactes, les autres à structure radiée, cristalline; il est souvent mélangé à des oxydes rouges de fer et à des oxydes noirs de manganèse. La couleur du phosphate de Caçerès varie, suivant la nature des impuretés qui l'accompagnent, du blanc au gris et du jaune au rouge.

Dans les Bulletins de la station agricole, n°s 3 et 5, nous avons déjà publié deux analyses sommaires du phosphate de Caçerès. Nous voulons, par une série d'analyses détaillées, faites de 1877 à 1879, compléter ces premiers renseignements. Ces analyses représentent très bien la composition moyenne de chaque cargaison, l'échantillonnage ayant été fait avec grand soin. De chaque chargement (200,000 à 300,000 kilogrammes environ) il a été prélevé un échantillon de 10,000 kilogrammes, représentant les diverses quali-

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 18 (janvier 1879).

Composition de la phosphorite de Caçerès.

NAVIRES :	Mars 1877	Mai 1877	Octobre 1877	Janvier 1878	Mars 1878	Mai 1878	Juin 1878	Octobre 1878	MOYENNE.
	MIGUEL SANZ.	RIO DAURO.	RIO TEJO.	RIO TEJO.	RIO TEJO.	REINE des mers.	FORTUNÉ.	REINE des mers.	
Eau	0.83	0.27	0.36	1.34	0.43	0.67	0.14	0.17	0.53
Acide phosphorique (*). . .	28.96	29.51	31.71	33.12	30.61	32.40	29.71	27.60	30.45
Acide carbonique . . .	5.27	2.08	0.82	0.27	0.26	2.50	1.16	2.27	1.83
Chaux	39.35	38.35	36.63	37.37	37.07	41.87	37.53	36.22	38.05
Oxyde de fer et alumine .	2.60	0.50	1.33	2.37	1.02	0.46	1.77	0.69	1.34
Silice et sable	18.60	26.17	26.97	24.99	29.70	18.75	27.95	29.46	25.32
Fluor, traces de magnésie, de manganèse et d'iode . .	4.39	3.12	2.18	0.54	0.91	3.35	1.74	3.59	2.48
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
(*) Correspondant à phosphate de chaux tribasique .	63.22	64.42	69.22	72.30	66.82	70.73	64.86	60.25	66.47

tés : roches compactes, cristallines, blanches, rouges, etc. Après avoir réduit ce lot en poudre impalpable à l'aide du broyeur Carr et lui avoir fait subir un tamisage mécanique, on a prélevé l'échantillon devant servir à l'analyse.

Ces analyses montrent parfaitement combien le titre en acide phosphorique du phosphate de Caçerès est sous l'influence des impuretés qui l'accompagnent : sable et carbonate de chaux. C'est de la plus ou moins forte proportion de ces deux substances, bien moins que de la quantité d'oxyde de fer et d'alumine, que dépend la richesse du minerai en phosphate tricalcique. La moyenne de ces huit analyses nous prouve, dans tous les cas, que la phosphorite de Caçerès compte parmi les meilleures matières premières pour la fabrication du superphosphate de chaux. Ne renfermant, en moyenne, que 4.16 p. c. de carbonate de chaux, 1.34 p. c. d'oxyde de fer et alumine, elle titre 66.47 p. c. de phosphate de chaux tribasique. La moyenne des analyses du même produit faites en 1872 et en 1873 ayant donné :

66.69 p. c. de phosphate de chaux tribasique, et
11.50 p. c. de carbonate de chaux,

il en résulte que la phosphorite de Caçerès est d'une constance remarquable quant à son titre en éléments utiles. Si, d'après nos analyses, dans les gisements actuellement exploités, une partie du carbonate de chaux est remplacée par la silice, c'est à l'avantage du produit, au point de vue de son travail industriel.

LA PHOSPHORITE DE NORWÈGE [1].

La phosphorite de Norwège est le minerai phosphaté le plus riche qui soit à la disposition de l'agriculture. Sa composition est presque identique à celle de l'apatite pure; elle est exempte de carbonate de chaux et renferme de très faibles quantités de silice, d'oxyde de fer et d'alumine et 86.08 p. c. de phosphate de chaux tribasique. Si cet excellent phosphate n'est pas plus souvent appliqué à la fabrication du superphosphate de chaux à haut titre, la cause réside dans le prix très élevé de cette matière, par suite du peu d'abondance des mines de phosphate en Norwège et des difficultés de transport du minerai aux ports de mer.

L'analyse suivante représente la composition moyenne d'un chargement de 125,000 kilogrammes, amené en Belgique, en 1878, par le navire *Nimrod :*

Eau	0.10
Acide phosphorique (*)	39.43
Chaux	51.74
Oxyde de fer et alumine	1.20
Silice	3.88
Fluor, chlore, magnésie, traces d'acide sulfurique et d'acide carbonique	3.65
	100.00

(*) Correspondant à 86.08 p. c. de phosphate de chaux tribasique.

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 18 (janvier 1879).

IV

EXPÉRIENCES

POUR

COMBATTRE LA MALADIE DE LA POMME DE TERRE

D'APRÈS LA MÉTHODE JENSEN.

EXPÉRIENCES

POUR

COMBATTRE LA MALADIE DE LA POMME DE TERRE

D'APRÈS LA MÉTHODE JENSEN (1).

Depuis quarante ans déjà, l'agriculture souffre de la maladie de la pomme de terre, qui produit souvent de si terribles ravages. Malgré les centaines de remèdes proposés pour combattre l'infiniment petit, le *Peronospora infestans* (2), qui est la cause de si grands désastres, on n'est guère plus avancé qu'en 1845 ou 1846 et l'on doit très humblement reconnaître qu'il n'existe encore aucun moyen certain de prévenir la maladie de la pomme de terre ou de la combattre efficacement, une fois déclarée. Il est vrai que l'assainissement des terres humides, le choix de variétés précoces et celui de variétés à peau lisse et épaisse et à bourgeons plats, offrant, par conséquent, peu de prise aux spores du champignon, enfin le triage soigneux des tubercules malades au moment de la récolte et de la plantation sont des moyens prophylactiques qui, incontestablement, modèrent, dans une certaine mesure, l'intensité du mal; mais jamais l'un ou l'autre de ces moyens n'a réellement empêché la maladie de se déclarer. L'expérience de tous les jours le

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 32 (janvier 1885).

(2) Ou *Phytophthora infestans*.

prouve surabondamment, comme elle prouve aussi qu'il n'existe aucune variété qui soit vraiment réfractaire aux attaques de l'ennemi de la pomme de terre.

Il n'est d'ailleurs pas étonnant que les remèdes prônés contre la maladie tombent devant un examen sérieux. Ils sont, pour la plupart, ou l'application arbitraire d'une idée ou le produit d'un tâtonnement empirique, mais non le résultat d'expériences basées sur une connaissance approfondie de la vie du *Peronospora*, si bien dévoilée par les travaux de Payen, Morren, Tulasne, De Bary, Kühn et autres.

C'est donc avec une légitime défiance que l'on a accueilli, en 1882, une publication d'un agronome danois, M. Jensen, ayant pour titre : *La maladie des pommes de terre vaincue au moyen d'un procédé de culture simple et facile*(1). La lecture de cette brochure suffisait cependant pour faire reconnaître que l'on avait à faire non à un travail de l'un de ces nombreux inventeurs de remèdes contre la maladie, mais à une étude sérieuse de la question. Le procédé proposé par M. Jensen, quelle qu'en soit d'ailleurs la valeur, est au moins le fruit d'une observation soutenue du champignon destructeur.

La brochure de M. Jensen étant à la portée de tout le monde et les journaux agricoles ayant publié les instructions qu'elle donne sur l'application de la nouvelle méthode, nous pouvons nous borner à en extraire quelques lignes, qui rendront plus intelligible le compte rendu de nos propres expériences.

Après avoir décrit avec beaucoup de détails l'apparition de la maladie sur la feuille de la pomme de terre et sa transmission des feuilles aux tubercules, M. Jensen définit

---

(1) Paris, Librairie scientifique de Lacroix. — Bruxelles, Librairie Muquardt. — 1882.

ainsi le *buttage de protection* par lequel il « a remporté une victoire décisive sur la maladie de la pomme de terre » :

« La maladie étant transmise aux tubercules par les eaux de pluie, qui emportent les spores aux tubercules, où elles germent, il s'agit d'entourer ceux-ci d'une couche de terre assez épaisse pour empêcher les spores de pénétrer avant dans la terre. C'est ainsi que nous avons pu comparer à un siège le procédé employé pour vaincre la maladie des pommes de terre. Il faut, de plus, donner au talus un sommet pointu : les eaux de pluie, descendant ainsi les côtés pour s'écouler dans le sillon, ne pourront, au même degré, déposer les spores sur les tubercules; l'humidité qui fait pousser les spores dans la terre sera diminuée autour des tubercules. Enfin, comme les tiges formant des voies dans la terre servent de conduits pour les eaux pluviales aux tubercules, il faut incliner les fanes, en les tournant au-dessus du sillon voisin. Ainsi les eaux pluviales ne descendront qu'en très petite quantité le long des tiges : la voie formée par celles-ci prendra un sens oblique et sera moins facile à passer pour l'eau comme pour les spores. Il est encore probable que la position des fanes fera tomber plus de spores entre les talus que sur ceux-ci. »

En ce qui concerne l'exécution de ce buttage, l'auteur de la nouvelle méthode donne les indications suivantes :

« Les pommes de terre sont plantées de bonne heure si possible, avec un écartement des lignes de 740 à 790 millimètres au moins.

« Le premier buttage doit être plat, le sommet du talus doit être large, sa hauteur doit être de près de 110 millimètres.

« Le buttage de protection se fait aussitôt que les taches de la maladie commencent à se montrer sur les feuilles des plantes. Si le moment de la récolte du blé arrive sans que les taches apparaissent, il faut se mettre à faire le buttage sans attendre les taches.

« Pour exécuter le buttage de protection, on butte d'un seul côté un talus élevé qui a une pente ou une largeur considérable en bas, du côté d'où se fait le buttage; en haut, le talus doit être très pointu. La couche de terre qui se forme ainsi au-dessus du niveau élevé des pommes de terre supérieures doit avoir de suite une épaisseur de 130 à 140 millimètres; à force de s'affaisser, elle finira, généralement, par conserver 105 à 115 millimètres d'épaisseur. En même temps qu'on fait ce buttage, on donne aux fanes des pommes de terre une inclinaison légère du côté opposé; les fanes doivent rester à demi debout.

« Dans les petites cultures, on fait faire le buttage plat et le buttage de protection à l'aide d'un hoyau ou d'une bêche; si la culture est considérable, il faut se servir de la charrue-buttoir le *protecteur*, dont la construction est absolument conforme au système développé ci-dessus(1). »

La propagation de la maladie par suite de l'infection des tubercules par les spores du champignon végétant sur les parties herbacées de la plante est admise par tous les physiologistes. On peut en conclure *à priori* que l'augmentation de l'épaisseur de la couche de terre qui sépare les pommes de terre des parties aériennes de la plante, ensuite l'élévation du talus en pointe lors du buttage, et enfin l'inclinaison des fanes doivent considérablement diminuer le nombre des spores entraînées par l'eau vers les tubercules. Sous ce rapport, le buttage protecteur de M. Jensen doit nécessairement diminuer l'intensité de la maladie. Mais l'infection des tubercules sains par les feuilles atteintes n'est pas le seul mode de développement de la maladie, et c'est là l'objection la plus sérieuse à faire à la nouvelle méthode

(1) Il résulte de cette description de la méthode Jensen, donnée par l'auteur même, qu'il s'agit de tout autre chose que de l'ancien procédé de Gülich, publié en Allemagne en 1869.

prophylactique. Le mycelium du champignon, une fois entré dans le tissu cellulaire de la feuille, peut se répandre dans toutes les parties de la plante et, en descendant par l'intérieur de la tige, pénétrer jusqu'aux tubercules; comme aussi le mycélium ayant hiverné dans les pommes de terre employées à la plantation peut parfaitement transmettre la maladie aux germes et aux jeunes tubercules sans qu'une nouvelle infection de la plante par les feuilles soit nécessaire. Les travaux des auteurs cités ne laissent pas de doute à cet égard.

Par conséquent, en reconnaissant que le buttage protecteur peut produire l'heureux effet d'empêcher l'arrivée aux tubercules des spores tombées sur le sol, il ne supprime toujours qu'un des moyens de propagation du champignon; *il ne peut donc ni empêcher, ni vaincre la maladie, mais, tout au plus, en atténuer les effets désastreux.* Établir dans quelle mesure le buttage protecteur atteint ce résultat, tel est le but que nous avons poursuivi en installant, pendant deux années, des expériences sur différentes variétés de pomme de terre. Les pages suivantes renferment le compte rendu de ces recherches, à l'exécution desquelles MM. Warsage, Masson et de Marneffe, préparateurs à la Station agricole, ont beaucoup contribué.

I. — Expériences de 1883.

Sol : sablo-argileux. — Récolte précédente : betteraves à sucre. — Écartement : 790 millimètres entre les lignes, 315 millimètres dans les lignes; profondeur : 10 à 12 centimètres. — Variétés cultivées : Magnum bonum(1), Jeffe,

(1) Nous devons cette variété à l'obligeance de M. Michel, secrétaire de la Société agricole de Namur, à laquelle un lot de *Magnum bonum* avait été remis par la direction de l'agriculture au ministère de l'intérieur.

Coquette, Rouge du Luxembourg. — Dix plants par ligne.

Les pommes de terre entières, parfaitement saines, avaient le poids moyen suivant :

Magnum bonum	64.3	grammes.
Jeffe	48.5	—
Coquette	67.0	—
Rouge	51.0	—

Plantation : le 12 avril. — On sème autour de la pomme de terre dans chaque fosse, en le mélangeant avec la terre de celle-ci, 10 grammes d'un engrais composé de : 2.5 p. c. d'azote ammoniacal, 2.1 p. c. d'azote nitrique, 5.2 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin et 6.4 p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau.

Le plan ci-contre montre la diposition des expériences :

Plan des expériences de 1883.

I. Magnum bonum.

Culture Jensen.

Culture ordinaire.

II. Jeffe.

Culture Jensen.

Culture ordinaire.

III. Coquette.

Culture Jensen.

Culture ordinaire.

IV. Rouge.

Culture Jensen.

Culture ordinaire.

Levée des trois variétés Magnum bonum, Coquette, Rouge : le 16 mai; levée de la Jeffe : 22 mai. — 24 mai : binage à toutes les lignes. — 6 juin : buttage ordinaire en pointe aux lignes 3 et 4, 7 et 8, 11 et 12, 15 et 16; buttage plat de 10 centimètres (buttage de production de Jensen) aux lignes 1 et 2, 5 et 6, 9 et 10, 13 et 14. — 27 juin : premières fleurs sur la Magnum bonum. — 30 juin : premières fleurs sur la Coquette. — 1er juillet : premières fleurs sur la Jeffe et la Rouge. — 4 juillet : floraison complète de la Magnum bonum et de la Coquette. — 6 juillet : floraison complète de la Jeffe et de la Rouge. — A partir de cette date, on fait tous les jours un examen minutieux des feuilles afin de constater l'apparition de la maladie. — 23 juillet : buttage protecteur, avec inclinaison des fanes, exactement d'après les prescriptions de M. Jensen. Il n'y a encore aucune trace de maladie dans le champ d'expériences; mais elle apparaît, très faiblement d'ailleurs, dans les champs des environs. — 6 août : premiers indices de la maladie dans les lignes 3 et 4 sur la Magnum bonum, culture ordinaire. — 15 août : les taches brunes, entourées du duvet blanchâtre et farineux, signe si caractéristique de la maladie, apparaissent çà et là dans tout le champ. — 25 août au 5 septembre : la maladie s'étend; de nombreuses préparations microscopiques prouvent qu'il s'agit réellement du *Peronospora*, quelques tiges sont attaquées; mais, en général, la maladie est très faible. La maturation avance rapidement, les feuilles se fanent, les tiges se dessèchent et se couchent.

La maturité arrive plus vite dans les lignes traitées d'après la méthode Jensen. La Magnum bonum est un peu plus hâtive que les autres variétés.

L'apparition tardive de la maladie et les conditions météorologiques peu favorables à la propagation et à la germination des spores sont cause qu'elle acquiert si peu d'intensité. Voici, d'après les relevés journaliers faits à

l'observatoire de l'Institut agricole de Gembloux, qui se trouve dans le voisinage immédiat de notre jardin d'expériences, la température moyenne et la quantité de pluie tombée à partir de la floraison jusqu'à la récolte :

	Pluie en millimètres.	Température moyenne.
	—	—
1er au 10 juillet.	18.5	21.5° C.
11 au 21 »	38.2	18.3
22 au 31 »	68.5	14.5
1er au 10 août.	44.0	15.0
11 au 21 »	32.0	16.6
22 au 31 »	1.0	18.3
1er au 10 septembre.	21.5	14.1
11 au 18 »	2.0	15.6

Récolte : 18 septembre. Les pommes de terre ont été lavées proprement et essuyées ensuite avec des linges secs. Après avoir pesé la récolte, on a procédé au triage des tubercules malades et des tubercules sains, en les examinant soigneusement un à un.

Le tableau suivant renseigne les résultats de la récolte de 1883 :

Récolte de 20 fosses.

	Récolte totale.	Tubercules malades		Récolte après déduction des malades.
		en poids.	en p. c.	
I. — Magnum bonum.				
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Culture ordinaire.	34.060	0.739	2.17	33.321
Culture Jensen.	25.140	0.186	0.74	24.954
II. — Jeffe.				
Culture ordinaire.	22.200	23.00	10.36	19.900
Culture Jensen.	19.160	0.600	3.13	18.560
III. — Coquette.				
Culture ordinaire.	30.580	1.801	5.89	28.779
Culture Jensen.	23.760	0.870	3.66	22.890
IV. — Rouge.				
Culture ordinaire.	25.980	1.455	5.60	24.525
Culture Jensen.	22.170	0.998	4.50	21.170

Nos expériences sur la culture de la pomme de terre ayant été entreprises également dans le but de nous renseigner sur le mérite de la Magnum bonum, nouvelle variété apparue sur le marché depuis trois ans, nous avons fixé le titre en fécule des diverses variétés cultivées, sur des échantillons de grosseur moyenne provenant de la culture d'après la méthode ordinaire. Nous ajoutons, à titre de renseignement, la composition d'un échantillon de Champion, cultivée dans le même sol à la ferme de l'Institut agricole de l'État.

	Matière sèche en p. c.	Fécule en p. c.
Magnum bonum	20.7	14.9
Jeffe.	24.0	18.2
Coquette	21.8	16.0
Rouge	24.0	18.2
Champion	28.3	22.5

II. — Expériences de 1884.

La maladie de la pomme de terre s'étant déclarée en 1883 avec très peu d'intensité, nous avons jugé nécessaire de répéter nos essais une seconde année, avant de nous prononcer sur la méthode de culture de M. Jensen. Nous avons entrepris ces expériences avec d'autant plus d'intérêt, que les résultats obtenus l'année précédente nous ont démontré que le buttage protecteur, préconisé avec conviction par l'agronome danois, mérite réellement une attention plus sérieuse que celle avec laquelle on l'a accueilli. Les variétés soumises à l'expérimentation en 1884 ont été choisies de manière à représenter un degré différent de hâtivité ; elles proviennent de la collection d'étude de M. Vilmorin, qui garantit leur identité.

Voici, avec le poids moyen des tubercules plantés, les noms de ces variétés :

Princesse	33.7	grammes.
Géante des sables	74.2	»
Champion	51.2	»
Quarantaine de la Halle	23.3	»
Magnum bonum	69.2	»
Merveille d'Amérique.	60.6	»

Les conditions générales des nouvelles expériences : distance, engrais, etc., sont les mêmes que celles observées l'année précédente.

Plantation : 22 avril. — Levée : 20 mai, Champion. — 22 mai, Merveille d'Amérique et Quarantaine. — 24 mai, Princesse et Géante des sables. — 25 mai, Magnum bonum. — 30 mai : binage léger à toutes les lignes. — 10 juin : buttage ordinaire en pointe à toutes les lignes traitées d'après la culture ordinaire; buttage plat aux lignes cultivées d'après la méthode Jensen. — 3 juillet : Géante et Quarantaine en fleurs. — 7 juillet : Princesse : maturité assez avancée, feuillage flétri, tiges en partie couchées, presque pas de fleurs, végétation peu abondante; Géante des sables : végétation luxuriante, pleine floraison, beaucoup de fleurs; Champion : feuillage vert foncé, peu de boutons, la floraison commence, belle végétation, un peu moins abondante que celle de la Géante; Merveille d'Amérique : végétation peu abondante, tiges peu élevées, en partie couchées, peu de fleurs; Magnum bonum : fortes tiges, végétation très abondante, peu de fleurs, beaucoup de boutons; Quarantaine : végétation peu abondante, quelques tiges couchées, floraison complète, mais peu de fleurs.

16 juillet : buttage protecteur avec inclinaison des fanes exactement d'après la prescription de M. Jensen. — 31 juillet : on constate les premières feuilles malades sur la parcelle « Princesse ». — La maladie se déclare partout à partir du 15 août et fait des progrès sérieux sous l'influence des pluies de la fin du mois.

Voici les annotations météorologiques pour la période du 1er juillet au 23 septembre :

	Pluie en millimètres.	Température moyenne.
1er au 10 juillet.	15.5	20.7° C.
11 au 20 »	17.0	21.0
21 au 31 »	18.5	17.8
1er au 10 août.	2.5	20.1
11 au 20 »	34.0	18.6
21 au 31 »	42.0	16.9
1er au 10 septembre.	47.5	14.9
11 au 20 »	0.0	17.0
21 au 23 »	0.0	17.7

Récolte : Princesse, le 20 août; Quarantaine, le 3 septembre ; Magnum bonum, Merveille, Géante, Champion, le 23 septembre.

Le tableau suivant renseigne les résultats de la récolte de 1884 :

RÉCOLTE DE 20 FOSSES.

	Récolte totale.	Tubercules malades en poids.	Tubercules malades en p. c.	Récolte après déduction des malades.
	I. — Princesse.			
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Culture ordinaire.	13.000	0.050	0.39	12.950
Culture Jensen.	10.080	0.300	2.98	9.780
	II. — Géante des sables.			
Culture ordinaire.	39.770	11.100	27.91	28.670
Culture Jensen.	21.970	2.800	12.74	19.170
	III. — Champion.			
Culture ordinaire.	29.280	1.870	6.39	27.410
Culture Jensen.	12.520	0.400	1.78	22.120
	IV. — Quarantaine.			
Culture ordinaire.	18.320	2.700	14.74	15.620
Culture Jensen.	11.190	0.050	0.45	11.140
	V. — Magnum bonum.			
Culture ordinaire.	32.400	1.180	3.64	31.220
Culture Jensen.	22.500	0.490	2.18	22.010
	VI. — Merveille d'Amérique.			
Culture ordinaire.	21.205	5.425	25.58	15.780
Culture Jensen.	19.215	8 085	42.08	11.130

Comme l'année précédente, nous avons aussi, en 1884, fixé le titre en fécule des diverses variétés cultivées. Nous ne nous sommes pas contenté d'établir la composition de notre récolte par le poids spécifique des tubercules, méthode habituellement employée; mais nous avons procédé au dosage de la fécule par une méthode de précision scientifique(1).

On a reconnu depuis longtemps la nécessité du dosage du sucre dans la betterave par voie optique, la densité de la racine ou celle du jus ne fournissant qu'une indication approximative de la richesse saccharine; il en est de même pour le dosage de la fécule dans la pomme de terre.

---

(1) Le dosage direct de l'amidon dans les pommes de terre, les graines, etc., présente une difficulté réelle. La transformation de l'amidon en sucre sous l'influence d'acides minéraux étendus donne, par suite de l'attaque de la cellulose, des chiffres beaucoup trop élevés (1 à 2 p. c. dans les pommes de terre, 4 à 7 p. c. dans le seigle, le maïs, etc.). La méthode basée sur la liquéfaction de l'amidon lorsqu'on chauffe à 130°5-135°C, dans des tubes scellés, à la lampe les matières amylacées fournit des chiffres trop bas; l'amidon devient entièrement soluble et résiste parfaitement à cette température; mais il n'en est pas de même de la maltose ou de la dextrose déjà formée, qui se décompose en proportion appréciable. On doit, par conséquent, employer des températures plus basses et des acides très faibles, par exemple l'acide tartrique à 0.25 p. c. proposé par M. Siewert (MARCKER, *Handbuch der Spiritusfabrication*, 1883).

Cette méthode nous a complètement réussi; le résidu de l'opération ne renfermait plus de traces d'amidon ayant échappé à la liquéfaction. En employant un bain de paraffine dans lequel on plonge les flacons bouchés par une rondelle en cuir pressée contre le goulot à l'aide d'une vis (*Druckflaschen* de Lintner), l'opération est facile et propre et ne donne que rarement lieu à des explosions.

Nous avons avantageusement remplacé la filtration à travers un tampon d'amiante par la disposition suivante : un entonnoir de grandeur moyenne reçoit un petit cône en platine sur lequel repose une couche de 2 centimètres de verre pilé en fragments de 2 millimètres environ et débarrassé de sa poudre fine par un tamisage; cette couche est recouverte de quelques fibres d'amiante. La filtration marche rapidement, même sans pompe, et le filtrat destiné à la saccharification est parfaitement clair.

M. Märcker, particulièrement, a démontré dans un travail très complet que le titre en fécule déduit du poids spécifique des tubercules fournit des chiffres dont l'exactitude oscille dans les limites d'erreur de ± 1 p. c. et que l'on doit même s'attendre à des écarts de ± 2 p. c.; de manière qu'une pomme de terre qui, d'après sa densité, est présumée contenir 22 p. c. de fécule, peut aussi bien en renfermer 20 p. c. ou 24 p. c.

Le tableau suivant renseigne les proportions de matière sèche et de fécule trouvées d'après la méthode à la densité et ensuite par la méthode chimique :

	Matière sèche.		Fécule.	
	D'après la densité.	Dosage direct.	D'après la densité.	Dosage direct.
Magnum bonum	21.8	22.28	16.0	16.99
Merveille d'Amérique	24.0	24.70	18.2	17.30
Princesse	20.7	21.64	14.9	14.83
Géante	21.8	22.53	16.0	16.08
Champion	25.0	24.58	19.2	17.35
Quarantaine	21.4	21.78	15.6	14.64

III. — Discussion des expériences.

En examinant les deux tableaux qui renseignent les résultats des récoltes de 1883 et de 1884, on remarque, avant tout, que les quatre expériences comparatives de la première année de recherches et quatre sur six de la seconde année sont, en ce qui concerne le nombre de tubercules malades, nettement en faveur de la méthode Jensen. En effet, pour les quatre variétés cultivées en 1883, le nombre des pommes de terre malades obtenues par la culture ordinaire a varié de 2.17 à 10.36 p. c., tandis qu'il est, pour les mêmes variétés soumises au buttage protecteur, de 0.74 à 4.50 p. c. Pour l'année 1884, où la maladie a été plus intense, la culture ordinaire a fourni pour quatre variétés de 3.65 à 27.91 p. c. de tubercules malades et la culture

par le procédé Jensen seulement 0.45 à 12.74 p. c. La diminution du nombre des pommes de terre malades obtenues par le buttage protecteur est particulièrement prononcée dans les variétés les plus atteintes. C'est ainsi qu'en 1883 la Jeffe comptait, en culture ordinaire, 10.36 p. c. de tubercules malades et seulement 3.13 p. c. en culture méthode Jensen, c'est-à-dire moins du tiers de la quantité atteinte de la maladie en culture ordinaire. En 1884, la Géante des sables, la plus atteinte, a fourni 27.91 p. c. de malades; sous l'influence du buttage protecteur, cette proportion est descendue à 12.74 p. c., donc à moins de la moitié de celle constatée pour l'autre procédé. Pour la Quarantaine, ces chiffres sont respectivement de 14.74 p. c. et de 0.45 p. c.; le buttage protecteur a, dans ces cas, presque complètement vaincu la maladie.

Ce sont là des résultats très remarquables.

Deux expériences seulement, sur dix, ont fourni des résultats qui ne sont pas en faveur du buttage protecteur. L'une d'elles, Princesse 1884, possède peu d'importance, en ce sens que la maladie s'était très faiblement déclarée; mais l'autre, au contraire, Merveille 1884, mérite de fixer notre attention, car cette variété a été fortement atteinte. Nous avons vainement cherché l'explication de ces résultats défavorables à la nouvelle méthode et en contradiction avec nos huit autres expériences. Dans tous les cas, le talus était resté parfaitement en pointe et il ne peut s'agir d'une influence de variété, car les résultats défavorables au buttage protecteur, tout aussi bien que les résultats favorables, ont été obtenus et avec une variété hâtive et avec une variété tardive.

Mais ce ne sont certes pas deux expériences négatives contre huit expériences très favorables qui nous feraient conclure en défaveur de la méthode Jensen Il y a un point plus important qui — si d'autres expérimentateurs arrivent aux mêmes conclusions que nous — s'opposera d'une manière

péremptoire à l'application du buttage protecteur, malgré son influence manifeste sur la diminution du nombre des tubercules malades : dans les dix expériences, sans exception, le buttage protecteur a réduit le poids de la récolte totale. Et cette réduction est si considérable, que le rendement, après déduction des malades, est de beaucoup supérieur, dans les lignes traitées d'après la culture ordinaire, au rendement de celles protégées par le buttage Jensen. Les chiffres de la dernière colonne des tableaux des deux années d'expériences sont frappants et se passent de commentaires.

Nous avons cherché l'explication de ce fait. Notre première pensée a été de vérifier pour quelques variétés le *nombre* des tubercules produits. Voici les chiffres obtenus par 20 fosses :

	Nombre total de pommes de terre.	
	Culture ordinaire.	Culture Jensen.
Magnum bonum	596	597
Champion	851	649
Merveille d'Amérique	301	320
Géante	365	320

Sauf pour la Champion, le nombre des pommes de terre produites est très sensiblement le même; la diminution du rendement obtenu sous l'influence du buttage protecteur ne provient donc pas de ce que celui-ci empêcherait la formation de nouveaux tubercules. En examinant soigneusement pomme de terre par pomme de terre, au moment du triage de la récolte, nous avons été frappé du nombre relativement élevé de tout petits tubercules arrêtés dans leur croissance, qui se trouvaient dans les lots cultivés d'après la méthode Jensen. Cette observation s'est complètement confirmée par l'établissement du poids moyen des pommes de terre produites par les deux méthodes de culture, tel qu'il résulte du tableau suivant :

	Nombre de tubercules.	Poids total en kilogr.	Poids moyen des tubercules récoltés, en grammes.	Poids moyen des tubercules plantés, en grammes.
Géante.				
Culture ordinaire.	365	39.770	108.96	74.26
Culture Jensen.	320	21.970	68.66	
Champion.				
Culture ordinaire.	851	29.280	34.41	51.20
Culture Jensen.	649	22.520	34.70	
Magnum bonum.				
Culture ordinaire.	596	32.400	54.36	69.25
Culture Jensen.	597	22.500	37.69	
Merveille d'Amérique.				
Culture ordinaire.	301	21.205	70.45	60.03
Culture Jensen.	320	19.215	60.05	

Il est donc incontestable que la réduction du rendement causée par le buttage protecteur provient de ce qu'un certain nombre de tubercules sont arrêtés dans leur développement. Quelle est la cause physiologique de cet arrêt de végétation? Nous ne pensons pas qu'il y ait lieu d'admettre que l'inclinaison des fanes sous un angle de 45° ait sur la circulation de la sève une influence défavorable qui puisse expliquer une nutrition moins intensive des tubercules. Nous ne pensons pas non plus que cette réduction puisse provenir de ce que quelques tiges auraient été cassées au moment de leur inclinaison; car, si ces accidents nous paraissent inévitables lors de l'application du buttage protecteur en grande culture, on peut les éviter complètement dans les petites cultures expérimentales. La vraie cause nous paraît être celle-ci : l'inclinaison des fanes met presque complètement à découvert le talus élevé en crête par le buttage protecteur et la forte pente de ce talus favorise l'écoulement rapide de l'eau de pluie. Ces deux causes produisent une forte dessiccation du sol, qui doit entraver le développement des tubercules et surtout la croissance de ceux placés à la partie supérieure.

La diminution de l'aération, par suite de la couche épaisse de terre qui recouvre les tubercules, contribue peut-être au même effet.

La forte dessiccation du sol est aussi la raison pour laquelle la maturation avance plus vite dans les lignes traitées d'après la méthode Jensen, ainsi que nous l'avions observé en 1883.

La réduction du rendement des pommes de terre traitées par le buttage de protection a aussi été observée par M. Jensen lui même, dans ses expériences de 1881 ; mais il l'attribue à la plantation tardive de ses cultures expérimentales (16 mai en moyenne), laquelle serait cause que les tubercules n'auraient pas atteint tout leur développement à l'époque du buttage. Mais, dans les essais de Gembloux, la plantation en 1883 a eu lieu le 12 avril et, en 1884, le 22 avril, époque absolument normale pour la Belgique, et, bien que le buttage protecteur ait eu lieu 122 jours après la plantation en 1883 et 85 jours en 1884, la diminution a été sérieuse.

Les expériences à entreprendre à l'avenir, soit par M. Jensen, soit par d'autres, devront surtout être exécutées dans le but de trouver des moyens d'éviter cette réduction de rendement causée par le buttage protecteur. Le sujet mérite, en effet, la sérieuse attention de tous les intéressés ; car il est évident que si, l'influence fâcheuse que le buttage protecteur exerce sur le développement d'un certain nombre de tubercules pouvait être évitée, la méthode Jensen se propagerait dans la pratique, car elle constitue un moyen efficace non pour vaincre, mais pour atténuer les effets du néfaste parasite de la pomme de terre.

Nous avons encore quelques mots à dire de la pomme de terre Magnum bonum, variété apparue, comme nous l'avons dit, sur le marché il y a trois ans et lancée dans le commerce avec une réclame si élogieuse, que l'on pouvait bien avoir des doutes sur ses qualités. Mais il résulte de

nombreuses expériences de culture entreprises en France, en Allemagne et en Belgique, qu'il s'agit, en effet, d'une variété à rendements très élevés. Nous pouvons confirmer entièrement ces observations : la Magnum bonum, en 1883, a dépassé considérablement les autres variétés : la Jeffe, la Coquette et la Rouge du Luxembourg. En 1884, la Magnum bonum est restée en dessous de la Géante des sables; mais néanmoins elle a fourni une récolte de beaucoup supérieure à celle des autres variétés expérimentées.

Il y a encore une autre considération qui milite en faveur de cette nouvelle pomme de terre. Grâce à ses yeux peu apparents, superficiels et peu nombreux, grâce à sa pellicule relativement épaisse et lisse, la Magnum bonum est certainement, sinon la plus résistante, au moins une des variétés les moins sujettes à être attaquées par le *Peronospora*. On l'y a dite absolument réfractaire. C'est là une exagération; d'ailleurs nous avons déjà mentionné plus haut qu'il n'existe point de variétés absolument résistantes à l'ennemi. Mais nos essais démontrent qu'il s'agit, en effet, d'une variété très faiblement atteinte : tandis que les autres variétés cultivées en 1883 par la méthode ordinaire avaient de 5.4 à 10.36 p. c. de malades, la Magnum bonum n'en fournissait que 2.17 p. c. En 1884, ces chiffres étaient pour la Magnum bonum de 3.64 p. c. et de 6.39 à 27.91 p. c. pour les autres variétés tardives et demi-tardives. La seule variété dont le nombre de malades soit resté en dessous de la Magnum est la Princesse; mais celle-ci constitue une variété beaucoup plus hâtive, qui ne saurait être mise en comparaison avec la première.

La productivité considérable de la pomme de terre Magnum bonum nuit à son titre en fécule, qui n'a atteint, en 1883, que 14.9 p. c. et, en 1884, que 16.99 p. c. Elle n'est pas non plus favorable à sa saveur, car, à l'épreuve culinaire, la Magnum bonum laisse à désirer; elle manque de franchise de goût et de finesse, et elle ne possède pas

cette cassure cristalline que l'on aime à voir chez les pommes de terre de table. Comme d'autres expérimentateurs sont, sous ce rapport, d'un avis absolument contraire, on ne doit pas accorder trop d'importance à cette appréciation. *De gustibus non est disputandum.*

La Champion, variété favorablement connue déjà depuis quelque temps, s'est aussi distinguée dans nos expériences par son rendement et par sa richesse en fécule.

Parmi les nouvelles variétés, la Géante des sables, variété allemande, a atteint le rendement le plus élevé; mais cette pomme de terre est pauvre en fécule et c'est celle où la maladie a fait le plus de ravages.

La Merveille d'Amérique, variété rouge et ronde, a été classée à l'épreuve culinaire au premier rang; mais elle a été fortement attaquée par la maladie.

Les autres variétés sont suffisamment connues.

CONCLUSIONS.

I. Le buttage protecteur de M. Jensen constitue un moyen de culture très efficace pour réduire l'effet nuisible de la maladie de la pomme terre produite par le *Peronospora infestans.*

II. Sur dix expériences comparatives entreprises à la Station agricole de Gembloux, huit ont été absolument favorables à la méthode préconisée et deux seulement ont donné un résultat contraire.

III. Le buttage protecteur exerce une diminution sensible sur le rendement total (tubercules sains et malades réunis), en entravant la croissance d'un certain nombre de tubercules par suite de la dessiccation du sol produite par l'inclinaison des fanes et par la forte pente du talus.

Cette réduction du poids de la récolte n'est pas compensée par la diminution du nombre des tubercules malades.

IV. La Magnum bonum est une variété de pommes de terre à haut rendement, très résistante à la maladie, mais pauvre en fécule.

Vu l'intérêt considérable qui s'attache à l'étude de la maladie de la pomme de terre, nous engageons beaucoup les agriculteurs à contrôler nos expériences, afin d'arriver, par un ensemble d'essais et de renseignements, à une conclusion définitive sur la valeur culturale du buttage protecteur préconisé par M. Jensen comme moyen de combattre le *Peronospora infestans*.

V

RECHERCHES

SUR LA

VALEUR AGRICOLE DES DÉCHETS AZOTÉS

DES INDUSTRIES

I. — LES DÉCHETS DE L'INDUSTRIE LAINIÈRE

AU SERVICE DE L'AGRICULTURE (1).

Les différentes manipulations auxquelles on soumet la laine brute pour la fabrication du fil, des tissus et du drap donnent lieu à une série de déchets d'une grande valeur pour l'agriculture. En considérant que la laine brute est une matière première formée de laine pure (renfermant 17 p. c. d'azote), de suint (renfermant environ 33 p. c. de sels de potasse) et d'impuretés accidentelles, on comprend aisément que tous les déchets de l'industrie lainière, comme les eaux du désuintage, ainsi que leurs dépôts, les chiffons et les déchets de laine, les tontisses de drap, la poussière de batterie, les balayures des ateliers, sont des matières dont l'agriculture tire profit avec raison. Plusieurs de ces produits jouissent déjà, depuis longtemps, de la faveur des cultivateurs, et il est inutile d'insister davantage sur l'opportunité de leur emploi comme engrais, surtout dans un pays comme la Belgique, où ils sont depuis quelque temps justement appréciés.

Le but que nous nous proposons, en publiant une série d'analyses de déchets de laine et de plusieurs autres résidus de l'industrie lainière, est d'éclairer le cultivateur sur la qualité actuelle de ces produits, de lui démontrer la variation de leur composition et la nécessité, qui existe pour lui, de se renseigner par un essai chimique sur la qualité de la marchandise qu'il veut acheter. La quantité

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 10 (décembre 1874).

I. Échantillons de déchets de laine analysés à la Station agricole.

Nos D'ORDRE.	EAU.	MATIÈRES ORGANIQUES.	MATIÈRES MINÉRALES.	AZOTE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.	OBSERVATIONS.
	P. C.	P. C.	P. C.	P. C.	P. C.	
1	10.29	79.78	9.93	2.88	0.44	
2	13.99	75.85	10.16	3.99	0.33	Très riches en graines.
3	13.63	75.81	10.56	3.64	0.43	
4	6.76	83.70	9.54	2.14	—	Très riches en graines et en paille.
5	—	—	—	2.59	0.35	Très impurs
6	—	—	—	6.67	—	Très purs, presque point de graines, peu de débris de paille.
7	—	—	—	3.32	—	Très impurs.
8	—	—	—	3.01	—	Très riches en graines.
9	—	—	—	5.76	—	Purs.
10	—	—	—	3.35	—	Assez purs.
11	—	—	—	2.96	—	Très riches en graines et en paille.
12	—	—	—	5.38	—	Assez purs.
13	—	—	—	4.33	—	Assez purs.

de laine brute importée en Belgique en 1882 ayant été de 57,000,000 de kilogrammes[1] et la quantité de déchets obtenus d'environ 20 p. c. de la laine brute, on comprend toute l'importance de cette question.

En examinant les chiffres du tableau précédent, on constate que les variations du titre en azote sont considérables :

Minimum	2.14 p. c.
Maximum	6.67 —
Moyenne des 13 *analyses* . . .	3.85 p. c.

Nous avons analysé, depuis l'époque de la première publication de cette note, un millier d'échantillons de déchets de laine et les résultats trouvés prouvent que cette moyenne ne varie, pour ainsi dire, pas d'une année à l'autre[2].

Le prix moyen de vente de 100 kilogrammes de déchets de laine étant de 4 francs, le prix moyen de revient du kilogramme d'azote dans cet engrais serait de $\frac{4.00}{3.85}$ = 1 fr. 4 c., sans les frais de transport.

Ce chiffre, établi d'après la composition moyenne d'un grand nombre d'analyses, est naturellement exposé aux plus grandes variations. Nous voyons, en effet, qu'il peut atteindre (*voir* n° 4) $\frac{4.00}{2.14}$ = 1 fr. 87 c. Il résulte de ce calcul que le cultivateur a tout intérêt à fixer le prix de revient de l'azote, en soumettant à l'analyse les échantillons des différentes marchandises qu'on lui offre.

L'emploi direct des déchets de laine date déjà de bien loin et M. Chaptal rapporte dans sa *Chimie appliquée à l'agriculture* que, depuis longtemps, les Génois recueillaient avec soin, dans le midi de la France, tout ce qu'ils pou-

---

(1) *Annuaire statistique de la Belgique*, 1884.

(2) Voici, en effet, le titre moyen constaté pendant les dernières années :

Années.	Nombre d'analyses.	Titre moyen en azote.
1879	49	3.79 p. c.
1880	115	3.90 —
1884	152	3.80 —

vaient trouver de retailles et de débris de tissus de laine, pour les faire pourrir au pied des oliviers. Mathieu de Dombasle recommande vivement leur utilisation.

A la dose de 2,000 à 2,500 kilogrammes par hectare, surtout enfouis avant l'hiver, les déchets de laine produisent d'excellents résultats, qui se font encore ressentir pendant la seconde et même pendant la troisième année de leur emploi. Mais le cultivateur ne doit pas oublier que les déchets de laine constituent un engrais exclusivement azoté, car la quantité de matières minérales qu'ils renferment est insignifiante et même les échantillons riches en graines atteignent à peine un titre de 0.5 p. c. d'acide phosphorique. Ces graines, parmi lesquelles on rencontre surtout le *Medicago maculata* (luzerne maculée), le *Medicago ciliaris* (luzerne ciliée) et le *Carduus tenuiflorus* (chardon), ne renferment elles-mêmes pas plus de 1.0 à 1.5 p. c. d'acide phosphorique; elles ne peuvent donc pas augmenter d'une manière sensible la richesse des déchets de laine en acide phosphorique, même lorsqu'elles s'y trouvent en quantité considérable.

Ajoutons ici que l'abondance des graines de luzerne dans les laines de *Buenos-Ayres* et d'*Australie* a fait naître une nouvelle fraude dans le commerce des graines, laquelle consiste à mélanger aux graines de trèfle les graines de luzerne que l'on sépare des déchets de laine. Ces graines sont plus grosses, plus allongées et plus aplaties que celles de trèfle et sont faussement appelées dans le commerce *luzerne du Chili;* elles produisent une petite plante maigre, qui n'est qu'annuelle. Ces graines sont aussi fréquemment employées à la falsification des tourteaux alimentaires(1).

(1) M. Fouquet recommande de semer ces graines pour produire des engrais verts. Comme quelques échantillons que nous avons examinés possédaient un pouvoir germinatif très faible, nous engageons les cultivateurs qui voudraient suivre cet excellent conseil à semer au moins le triple de la quantité qu'ils emploient habituellement pour le trèfle.



Lorsque la balance que chaque cultivateur intelligent devrait établir entre les matières nutritives exportées par les récoltes et celles importées par les engrais lui révèle des pertes en acide phosphorique, il y a lieu d'associer aux déchets de laine des engrais phosphatés. En effet, les déchets de laine combinés au noir animal, au superphosphate de chaux et, lorsque la comparaison de l'importation et de l'exportation l'exige, enrichis de sels de potasse, ont produit des résultats très avantageux; même leur mélange aux phosphates fossiles convient dans certaines circonstances.

Nous avons constaté de l'acide phosphorique devenu soluble dans un échantillon de compost préparé par un fabricant de sucre des environs de Thuin, à l'aide de déchets de laine et du phosphate des Ardennes; nous citons également ici deux cas qui se sont présentés pendant une série d'expériences faites par nous, avec de l'avoine, dans du sable de Campine, que nous devons à l'obligeance de M. Demarbaix, bourgmestre à Eynthout. Quoique ces essais de cabinet aient été entrepris dans un tout autre but, nous les mentionnons ici parce qu'ils démontrent l'efficacité des déchets de laine :

	Grain.	Moyenne.	Paille.	Moyenne.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Pot I. Sans fumure . .	1.26	1.49	5.30	5.15
Pot II. »	1.71		5.00	
Pot III. Phosphorite . .	1.59	1.77	4.90	5.00
Pot IV. » . .	1.95		5 10	
Pot XI. Phosphorite et déchets de laine.	6.07	5.94	13 50	14.20
Pot XII. Phosphorite et déchets de laine. .	5.82		14.90	

Afin de faciliter la décomposition des déchets de laine dans le sol ou même de la provoquer avant leur enfouissement, nous avons différents procédés à notre disposition. L'agriculture peut les soumettre à la fermentation, en préparer des composts, les incorporer au tas de fumier; ce

dernier procédé est usité avec succès depuis des années à la ferme de l'Institut agricole de Gembloux.

L'industrie emploie des moyens plus puissants; elle traite les déchets et les chiffons de laine par les alcalis, par les acides, elle les expose à la vapeur sous pression, ou, en vase clos, à l'action de la chaleur (torréfaction).

C'est à l'aide de ces divers procédés, employés depuis quelques années, qu'on obtient des engrais très homogènes et friables et qui renferment ordinairement une partie de leur titre total en azote sous forme d'ammoniaque, produit de la réaction de la chaleur ou de la vapeur sur les matières organiques azotées.

II. Échantillon de déchets de laine torréfiés en vase clos.

	Azote organique.	Azote ammoniacal.	Eau.
Mars 1876	4.18 p. c.	1.09 p. c.	11.02 p. c.

III. Échantillons de chiffons de laine désagrégés par la vapeur d'eau sous pression.

	Azote organique.	Azote ammoniacal.	Eau.
Juillet 1875	8.43 p. c.	0.99 p. c.	8.86 p. c.
Juillet —	7.33 —	0.74 —	12.56 —
Mars 1876	8.14 —	0.95 —	17.26 —

IV. Échantillons de tontisses de laine traités par la vapeur d'eau sous pression.

	Azote organique.	Azote ammoniacal.
Juin 1873	8.52 p. c.	0.74 p. c.
Août 1874	5.29 —	0.15 —

Pendant l'opération du battage des laines, il se forme un produit qui se présente à l'état de poussière d'une finesse extrême et appelé dans le commerce *poudrette de laine.*

Voici l'analyse faite au mois de mai 1873 d'un échantillon de cette poudrette, provenant d'une fabrique de Liége :

V. Échantillon de poudrette de laine.

Eau	8.59	
Matières organiques .	75.82	
Matières minérales .	7.45 renfermant :	0.67 de potasse anhydre. 0.85 d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide.
Insoluble dans l'acide chlorhydrique, (sable, etc.)	8.14	
	100.00	
Azote organique . .	3.00 p. c.	

Outre leur emploi direct comme engrais, les déchets de laine conviennent très bien pour recueillir les excréments des hommes et des animaux. On peut même avantageusement remplacer par des déchets de laine la litière du bétail. Ils se mélangent facilement aux excréments solides, ils s'imbibent aussi des excréments liquides et les présentent ainsi sous une forme transportable. Nous connaissons une fabrique de sucre où l'on remplit les fosses d'aisance avec ces déchets. Le produit obtenu constitue un engrais efficace. Un échantillon que nous avons analysé présentait la composition suivante :

VI. Composition d'un mélange de déchets de laine et de matières fécales.

Eau	26.89 p. c.	
Matières organiques	56.99 —	
Acide phosphorique	1.38 —	
Potasse	1.10 —	
Chaux, magnésie, oxyde de fer, acide sulfurique (non dosés)	7.34 —	
Sable et silice	6.30 —	
	100.00 p. c.	
Azote organique		2.01 p. c.
Azote ammoniacal		0.93 —
Azote total. . . .		2.94 p. c.

Pour enrichir les déchets de laine, surtout en acide phosphorique, et pour augmenter leur titre en azote, surtout en azote immédiatement soluble, on peut les mélanger aux engrais chimiques, comme, par exemple, le superphosphate de chaux et le sulfate d'ammoniaque.

Il y a à Tourcoing un établissement qui s'occupe de la fabrication de « déchets de laine enrichis de produits chimiques », dont nous avons analysé un échantillon au mois de janvier 1874.

VII. Composition d'un échantillon de déchets de laine enrichis de produits chimiques.

Eau.	8.71 p. c.	
Matières organiques. .	53.07 —	
Matières minérales . .	21.69 —	contenant : 0.95 d'acide phosphorique soluble dans l'eau. 2.12 d'acide phosphorique soluble dans l'acide. 1.89 de potasse anhydre.
Insoluble dans l'acide chlorhydrique . . .	16 53 —	
	100.00 p c.	

Azote ammoniacal et nitrique	1.92 p. c.
Azote organique	3.98 —
Azote total . .	5.90 p. c.

Avant de passer aux produits qui résultent du lavage, du désuintage et de l'épaillage des laines, nous citons ici un produit d'outre-mer, ayant rapport avec l'industrie lainière, qui, depuis quelque temps, est importé en Belgique par le port d'Anvers sous le nom de *crottins de moutons de Buenos-Ayres*. L'échantillon analysé a été prélevé d'une partie de 80,000 kilogrammes par un employé de la Station agricole. L'atmosphère du magasin où cet engrais se trouvait déposé était fortement imprégnée d'ammoniaque. La marchandise, formée principalement par la partie de la toison salie par les excréments, se présente sous forme d'un mélange grossier de déchets et de longues fibres de

laine, de paille, de parties terreuses, de racines, de graines, mélange imprégné d'excréments et de suint. A l'aide d'un moulin en acier, l'échantillon a été transformé en une masse homogène, dont voici la composition moyenne :

VIII. Composition d'un échantillon de crottins de mouton de Buenos-Ayres.

Eau	12.45 p. c.	
Matières organiques . .	53.06 —	
Matières minérales . .	14.33 —	renfermant 4.63 de potasse et 1.11 d'acide phosphorique.
Sable, silice, argile . .	20.16 —	
	100.00 p. c.	

Azote organique	2.62 p. c.
Azote ammoniacal	0.20 —
Azote total . . .	2.82 p. c.

Il résulte de cette analyse que ces déchets constituent une matière dont l'emploi comme engrais est recommandable. Bien que leur titre en azote soit un peu inférieur au titre moyen des déchets de laine sortant des établissements lainiers de l'Europe, ils renferment, par contre, près de 5 p. c. de potasse, plus de 1 p. c. d'acide phosphorique et une faible proportion d'ammoniaque. Il est très probable que le titre en azote ammoniacal du produit tel qu'il est obtenu en Amériqne est plus élevé, mais que le fort échauffement qui a lieu pendant le transport fait perdre une partie de cet élément utile.

L'effet de cet engrais dépendra surtout d'une répartition très soignée, opération qui présentera cependant une certaine difficulté. Le plus souvent, il sera nécessaire de le compléter par une certaine dose de superphosphate de chaux ou de phosphate précipité.

La laine brute, comme on sait, est, avant tout, débarrassée du suint adhérent par un lavage mécanique. Les sels de potasse du suint ont été pendant longtemps perdus, le lavage se faisant, le plus souvent, dans l'eau courante; il

était même très rare que les eaux de lavage fussent employées à l'irrigation. MM. Maumené et Rogelet, se basant sur les remarquables travaux de M. Chevreul, ont réussi à retirer industriellement la potasse du suint. Cette préparation donne naissance à un nouveau déchet, appelé *tourteau de suint.*

IX. Composition d'un échantillon de tourteau de suint broyé.

Eau	5.63 p. c.	
Matières organiques .	56.88 —	
Matières minérales . .	6.70 —	renfermant : 0.85 de potasse; point d'acide phosphorique.
Sable, argile et terre. .	30.79 —	
	100.00 p. c.	
Azote organique . . .	3.70 p. c.	

Mais ce lavage, outre qu'il dissout le suint, entraîne naturellement aussi la plus grande partie des impuretés de la laine et emporte des débris de laine même. Toutes ces matières, entraînées mécaniquement, se déposent sous forme de boue. Ces dépôts sont employés comme engrais. L'analyse suivante d'un échantillon provenant de Verviers démontre, en effet, que ces boues renferment une certaine dose, quoique faible, de principes utiles à la végétation, qu'on aurait tort de laisser perdre :

X. Échantillon de boues de lavoir de laine (octobre 1874).

Eau	48.50 p. c.	
Matières organiques . .	12.16 —	
Matières minérales . .	39.34 —	renfermant : 0.28 de potasse; 0.12 d'acide phosphorique.
	100.00 p. c.	
Azote organique . . .	0.49 p. c.	

Pour nous rendre approximativement compte de la valeur de ce dépôt, calculons les matières fertilisantes

qu'il renferme au prix auquel nous les achetons dans les engrais commerciaux :

0k49 d'azote organique	à fr. 1-50 =	fr. 0-74
0k12 d'acide phosphorique	à fr. 0-50 =	fr. 0-06
0k12 de potasse	à fr. 0-40 =	fr. 0-11
		fr. 0.91

Les 1,000 kilogrammes de ces boues auraient donc une valeur théorique de 9 fr. 10 c. Lorsqu'il s'agit d'examiner s'il est avantageux pour le cultivateur d'acheter de semblables produits, comme, par exemple, les boues de lavoir de laine, de betteraves, les curures des étangs et des fossés, des balayures de rues, etc., en général tous les produits qui, sous un grand volume, renferment une faible dose de matières fertilisantes, la question principale est celle des frais de transport. Souvent le prix de revient du kilogramme d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse est, à cause des frais de transport et de maniement, plus élevé dans les engrais que nous venons d'indiquer que dans les engrais concentrés du commerce ; dans ce cas, l'achat de ces déchets serait irrationnel. Pour l'industriel cependant, il y a souvent des raisons de force majeure qui l'obligent à s'en débarrasser. Les mêmes considérations s'appliquent au liquide qui a servi à l'épaillage chimique de la laine. Pour débarrasser la laine ou les étoffes déjà fabriquées des différentes impuretés végétales, surtout des débris de paille, des enveloppes de graines, etc., on les trempe dans un bain d'acide sulfurique étendu, marquant ordinairement 5° B, et on les fait passer à travers une étuve chauffée à 100° C. A ce sujet, nous avons constaté un fait intéressant : des graines de *Medicago maculata* extraites d'étoffes ayant subi ce traitement avaient conservé leur pouvoir germinatif, malgré l'action combinée de l'acide et de la chaleur.

Un échantillon du liquide ayant servi à l'épaillage chimique de la laine nous a été adressé par une fabrique

de la province de Flandre occidentale; ce liquide était trouble, d'une couleur jaune et d'une réaction acide. Le liquide, y compris les matières en suspension, a donné la composition suivante :

XI. Composition du liquide ayant servi à l'épaillage chimique des laines.

Un hectolitre contient :

0^k052 d'azote nitrique ;
0^k092 d'azote organique ;
0^k043 d'acide phosphorique dissous par l'acide sulfurique ;
0^k857 de potasse sous forme de sulfate de potasse.

La valeur théorique de ce liquide est de 65 centimes l'hectolitre, en estimant les matières nutritives qui y sont contenues d'après les chiffres suivants(1) :

Le kilogramme	d'azote nitrique	fr. 2-40
—	d'azote organique	fr. 1-50
—	d'acide phosphorique soluble . .	fr. 0-90
—	de potasse.	fr. 0-40

Quant à son emploi comme engrais, nous devons faire les mêmes réserves que pour les dépôts des eaux de lavage des laines. Dans les endroits très proches de l'usine, il peut être employé avantageusement ; mais, alors, il ne faut pas perdre de vue que ce liquide renferme de l'acide sulfurique libre ; on ne doit donc en faire usage qu'avec beaucoup de prudence. Il faut, par exemple, n'utiliser ces résidus qu'après y avoir ajouté du phosphate de chaux, des phosphorites ou des os en rapport avec la quantité d'acide sulfurique libre qu'ils contiennent.

(1) Ces chiffres sont actuellement plus bas. (*Note de la seconde édition.*)

Mais ce liquide convient tout particulièrement pour l'arrosage des tas de composts renfermant soit des matières dont on veut accélérer la dissolution, soit des matières organiques dont on veut fixer l'ammoniaque qui pourrait se dégager pendant la fermentation.

II. — LE CUIR MOULU [1].

Depuis quelques années déjà, nous essayons d'établir, par des expériences comparatives, la valeur agricole de certains déchets azotés fournis en abondance à l'agriculture par des industries diverses. Ces recherches nous ont été inspirées par cette considération, que le cultivateur est loin d'être suffisamment renseigné sur la valeur agricole de ces différents produits, des essais comparatifs avec des engrais à effet déterminé faisant défaut. Si, néanmoins, l'agriculture recherche avec quelque préférence ces déchets, c'est surtout parce que le prix de revient du kilogramme d'azote sous cette forme est inférieur à celui auquel on peut l'acquérir dans le sulfate d'ammoniaque, dans le nitrate de soude et dans le guano.

Le vieux cuir réduit en poudre, après avoir été traité par la vapeur sous pression ou par torréfaction, occupe une des premières places parmi les déchets industriels utilisés par l'agriculture. Les fabriques qui préparent cette matière sont nombreuses [2] et la quantité produite annuellement est très considérable. L'utilisation rationnelle des déchets de l'industrie intéresse non seulement l'agriculture, mais aussi l'hygiène publique ; elle mérite donc tous les encouragements possibles. Il ne faut cependant pas

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 23 (février 1881).

(2) *Les matières fertilisantes à l'Exposition de Paris*. Bruxelles, 1880, page 14.

demander à l'agriculture de consommer ces produits uniquement pour en débarrasser l'industrie. Ce n'est pas, en effet, parce qu'une matière renferme de l'azote, de l'acide phosphorique ou de la potasse qu'elle est nécessairement un engrais. Il faut que l'agriculture montre, vis-à-vis de matières de ce genre, une réserve prudente jusqu'au moment où l'expérience a établi qu'elle peut les employer avec profit. Soumettre ces matières à des expériences comparatives avec des engrais à effets connus nous semble d'autant plus nécessaire qu'il s'agit de produits très chers; tel est le cas pour le cuir moulu; en effet, le kilogramme d'azote qu'il renferme coûte 1 fr. 75 c. à 2 fr. 25 c., c'est-à-dire les trois quarts du prix du kilogramme d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude.

L'état physique du cuir moulu ne laisse ordinairement rien à désirer. On est arrivé à le réduire en poudre d'une finesse extrême et, conséquemment, à augmenter considérablement la surface d'attaque qu'il présente à l'action de l'eau, de l'oxygène, etc. D'autre part, il est facile de se convaincre que le traitement auquel on soumet le vieux cuir lui enlève une forte partie de l'acide tannique absorbé par la peau lors du tannage. On doit cependant se demander si la quantité qui reste, et qui est encore très appréciable par les réactifs chimiques ordinaires, ne protège pas pour longtemps le cuir contre l'action des agents dissolvants du sol.

La décomposition du cuir, qui donne lieu à la formation d'ammoniaque, est, en effet, plus lente que celle d'autres matières d'origine animale : c'est ainsi que, dans les expériences de M. Morgen (1) (Station agricole de Halle), 34.56 p. c. seulement de l'azote total du cuir, contre 61.62 p. c. de l'azote de la poudre de cornes, étaient devenus solubles après une digestion de ces engrais dans l'eau pendant 131 jours.

Nous n'ignorons pas que certains engrais fabriqués par

(1) *Biedermann's Centralblatt*, 1880, p. 801.

quelques usines belges et françaises, dans la composition desquels entre du cuir, sont fort appréciés, mais ils renferment, outre le cuir, certaines autres matières azotées, telles que le sang, la poudre de cornes, le sulfate d'ammoniaque ou le nitrate de soude; or, il serait bien difficile d'apprécier la part d'action spéciale du cuir dans l'effet favorable obtenu par ce genre d'engrais.

Les essais entrepris avec le cuir seul sont fort rares. Nous en avons cherché en vain dans le *Jahresbericht für Agriculturchemie* (1858 à 1879), ainsi que dans les dix dernières années du *Journal d'agriculture pratique*. Les *Annales agronomiques* renferment une seule expérience, faite en 1878 par M. Ladureau, de Lille. Dans cet essai :

2500 kilogrammes de cuir torréfié ont produit à l'hectare 30100 kilogrammes de betteraves titrant 8.83 p. c. de sucre;

2500 kilogrammes de cuir + 200 hectolitres de chaux ont produit à l'hectare 38600 kilogrammes de betteraves titrant 10.10 p. c. de sucre, tandis que, sans engrais, on a obtenu 20000 kilogrammes de betteraves titrant 10.93 p. c. de sucre.

Malgré la forte augmentation de récolte obtenue par l'emploi de cet engrais, le résultat final est un déficit important, car la première fumure a coûté 450 francs et la seconde 575 francs; de plus, les betteraves produites à l'aide du cuir étaient plus pauvres que celles de la parcelle sans engrais.

Nous avons donc jugé utile de soumettre le cuir moulu à des essais comparatifs et, sans vouloir, après une seule année d'expérience, formuler des conclusions générales, nous n'hésitons pas à publier nos résultats, ne fût-ce que pour engager d'autres expérimentateurs à tenter de nouveaux essais avec une matière dont l'agriculture consomme des quantités considérables sans cependant être suffisamment renseignée sur sa valeur.

Les essais avec le cuir moulu ont été exécutés en 1880, sous la surveillance de MM. Mercier et Warsage, en opérant : dans la serre, sur l'avoine; au jardin, sur la féverole, et au champ, sur la betterave à sucre.

1. Essais dans la serre. — Pou
disposition générale de ces essais,
serre, des bocaux, la manière de r
les arroser, nous renvoyons à nos re
agricole de l'acide phosphorique di
nous bornons ici aux indications q
essais de 1880.

La terre sablo-argileuse de Gembl
quefois, dans les essais en bocaux
tasser fortement, nous lui avons asso
de sable quartzeux, dans le but d'as
l'eau et de l'air. La terre nécessaire
bocaux a été rendue aussi homogèn
tamisage et un mélange intime. Cha
4000 grammes de terre ainsi préparée
mélangés avec les 3/4 de toute la t
d'eux. Chaque expérience a été faite
donnée correspond, pour chaque
d'azote, 0.30 gramme d'acide pho
0.20 gramme de potasse anhydre;
titraient : sang, 13.7 p. c. d'azote;
24.99 p. c. d'acide phosphorique an
citrate d'ammoniaque alcalin; chl
50.5 p. c. de potasse anhydre. Le cu
expériences de la serre, du jardin
cuir désagrégé par la vapeur d'ea
séché et broyé ; il avait la compositi

Eau . . . .
Matières organiques* . . . . . .
Matières minérales solubles dans l'acide*
Matières minérales insolubles dans l'acid

* 7.51 d'azote total, dont 0.43 d'azote a
** 0.81 d'acide phosphorique anhydre so
drique.

(1) Voir page 59.

Nous ajoutons, à titre de renseignement, que certains cuirs du commerce renferment une faible partie de leur matière azotée sous une forme soluble dans l'eau, sans qu'elle soit cependant déjà parvenue à l'état d'ammoniaque. C'est ainsi que l'on constate une proportion plus forte d'azote lorsqu'on épuise par l'eau le cuir moulu et que l'on dose l'azote dans la matière sèche obtenue par évaporation de l'extrait aqueux, que lorsqu'on dose l'ammoniaque directement dans le cuir moulu en le distillant avec de la magnésie.

Notes de culture. — Le 15 mai, chaque pot a reçu 6 grains d'avoine blanche indigène, préalablement gonflés dans l'eau pendant 24 heures. — 19 mai : commencement de la levée. — 21 mai : levée complète. — 30 mai : les plantes tallent très fortement. — 5 juin : suppression d'une plante par pot en laissant les 5 plus vigoureuses. — 26 juin : les pots avec engrais ont une végétation plus riche, plus luxuriante que ceux sans engrais ; pots avec sang notablement supérieurs aux pots avec cuir ; ceux-ci faiblement supérieurs aux pots sans engrais. — 12 juillet : les premiers épis apparaissent dans les pots avec sang. — 14 juillet : tous les épis sont sortis. — 15 juillet : floraison. — A partir du 27 juillet, le wagonnet, mobile sur rails, portant le bâti en bois dans lequel sont fixés les pots n'a plus quitté la serre, tandis que, pendant la croissance des plantes, il est resté constamment à l'air libre, sauf la nuit. Pendant toute la maturation des grains, deux des grandes fenêtres opposées de la serre sont restées ouvertes jour et nuit ; on les a remplacées par des panneaux en treillage métallique, afin, tout en assurant une ventilation parfaite, d'empêcher que les oiseaux ne vinssent ravager la récolte. 2 septembre : récolte ; les tiges furent coupées à ras du sol et laissées en place jusqu'à complète dessiccation, puis portées au laboratoire, où l'on a séparé le grain, la paille et les balles.

	Récolte totale.	Paille.	Balles.	Grains.
Sans engrais.	23.27	16.27	1.16	5.84
Sans engrais.	21.40	14.10	0.74	6.56
Moyennes.	**22.34**	**15.19**	**0.95**	**6.20**
Ire SÉRIE. Azote seul.				
Cuir moulu	30.00	24.20	0.99	4.81
Cuir moulu	39.70	29.10	1.51	9.09
Moyennes.	**34.85**	**26.65**	**1.25**	**6.95**
Sang desséché	52.80	35.10	1.98	15.72
Sang desséché	51.02	38.25	1.68	11.09
Moyennes.	**51.91**	**36.68**	**1.83**	**13.41**
IIe SÉRIE. Azote + acide phosphorique.				
Cuir moulu + phosphate précipité	41.05	33.45	1.35	6.25
Cuir moulu + phosphate précipité	38.80	29.10	0.95	8.75
Moyennes.	**39.93**	**31.28**	**1.15**	**7.50**
Sang + phosphate précipité. .	58.40	45.30	2.26	10.84
Sang + phosphate précipité. .	45.55	27.60	1.56	16.39
Moyennes.	**51.97**	**36.45**	**1.91**	**13.61**
IIIe SÉRIE. Azote + acide phosphorique + potasse.				
Cuir moulu + phosphate précipité + chlorure de potassium.	31.50	21.50	1.12	8.88
Cuir moulu + phosphate précipité + chlorure de potassium.	29.60	22.30	1.06	6.24
Moyennes.	**30.55**	**21.90**	**1.09**	**7.56**
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium . . .	34.70	25.50	2.04	17.16
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium . .	40.10	33.80	1.60	14.70
Moyennes.	**37.40**	**29.65**	**1.82**	**15.93**

En comparant les chiffres fournis par ces diverses expériences et en fixant spécialement notre attention sur la colonne « grains », nous remarquons que le *cuir seul* n'a produit aucune augmentation sensible de récolte. Employé en même temps que le phosphate précipité, d'une part, et que le phosphate et le chlorure de potassium, d'autre part, il en est résulté une faible augmentation du rendement en grains (7.5 contre 6.2); mais celle-ci est restée considérablement en dessous du surplus de récolte produit par le sang desséché, qui, dans les trois séries d'essais, a plus que doublé la récolte obtenue dans les pots sans fumure.

II. Essais dans le jardin. — En comparaison avec les essais entrepris dans la serre, nous avons organisé une autre série d'essais dans le jardin d'expériences, avec des féveroles. Un orage avec tempête ayant brisé presque toutes les tiges des parcelles se trouvant à gauche de la serre (laine et sulfate d'ammoniaque), nous n'avons pu récolter que celles du côté droit (cuir et nitrate de soude), que le vent avait ménagées.

Notes de culture. — Terre sablo-argileuse ; — récolte précédente : sorgho sans engrais. — Les engrais ont été enfouis dans les lignes en dessous de la graine dans trois parcelles mesurant chacune 12 mètres carrés ; — chemins de 60 centimètres entre les parcelles. Engrais : nitrate de soude à 16.13 p. c. d'azote; cuir moulu : le même que celui dont on s'est servi dans la serre. — Quantité d'azote donnée par parcelle : 0.072 kilogramme, soit 60 kilogrammes à l'hectare. — 24 avril : on plante les féveroles en lignes espacées de 40 centimètres. — 12 mai : levée. — 19 mai : on repique quelques plants dans les vides existants. — 28 mai : binage. — 14 juin : on distance les plants à 20 centimètres dans les lignes; — chaque parcelle compte 175 plantes. — 18 juin : dernier binage. — 3 et 4 juillet : commencement de la floraison. — 6 juillet : on écime les plantes pour arrêter la propagation des pucerons. —

18 septembre : récolte; les tiges réunies en bottes ont été portées dans la serre pour en achever la dessiccation. — 15 novembre : pesée de la récolte.

ENGRAIS EMPLOYÉS.	PRODUIT OBTENU.		
	TIGES et GOUSSES.	GRAINS.	GRAINS à L'HECTARE.
	kil.	kil.	kil.
I. Sans engrais . . .	9.869	1.131	942.5
II. Cuir moulu	12.822	1.178	981.7
III. Nitrate de soude . .	11.465	2.035	1695.8

Dans cette expérience isolée, le cuir a été sans action sensible sur le rendement en grains ; l'augmentation de 39.2 kilogrammes comparativement à la parcelle sans engrais tombe tout à fait dans les limites des écarts inévitables de l'expérimentation. Cette augmentation n'est que de 4.2 p. c. ; déjà, dans nos expériences antérieures, nous avions fixé l'erreur d'essais à ± 4 p. c. M. Mayer, notre collègue de la Station agricole de Wageningen, a proposé tout récemment (1) de fixer pour les expériences de culture l'erreur d'essais à ± 5 p. c., c'est-à-dire de considérer comme égaux les rendements qui ne diffèrent pas de ± 5 p. c. Il rejette, et nous sommes entièrement de son avis, le chiffre établi par M. Wagner, directeur de la Station agricole de Darmstadt, qui considère comme non valable chaque expérience de culture dont le rendement

(1) *Landw. Versuchsstationen*, tome XXVI, p. 329.

des parcelles identiquement traitées ne concorde pas à ± 1 p. c. Vouloir réduire l'erreur d'essai à ± 1 p. c. est, en effet, une utopie, car on n'atteindra jamais cette concordance dans les expériences de culture ; on est même loin de l'atteindre dans les recherches faites en serre, lesquelles présentent cependant bien plus de garantie d'exactitude.

Si, dans l'essai précédent, l'azote du cuir est resté sans effet, celui du nitrate de soude a été par contre très efficace; il a presque doublé le rendement en grains comparativement aux autres parcelles, et cela même sans addition de phosphates.

III. Essais au champ d'expériences. — Les essais en grand ont été installés sur une pièce de terre appartenant à l'Institut agricole de l'État. Le sol est sablo-argileux ; l'analyse en a été publiée page 46. Les parcelles mesuraient 1 are, elles étaient séparées par des sentiers de 80 centimètres de largeur et isolées d'un chemin par une bande de 3 mètres, également plantée en betteraves, mais non comprise dans l'expérience. Les engrais azotés employés étaient : le nitrate de soude à 16.13 p. c. d'azote et le cuir, le même que celui des expériences dont nous venons de rendre compte plus haut. Les engrais phosphatés employés en mélange avec les engrais azotés étaient :

Phosphate précipité à 24.99 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Superphosphate de phosphorite de Caçerès

à 15.39 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau;
0.15 p. c. id. soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Total : 15.54 p. c.

Superphosphate de phosphorite allemande

à 7.17 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau;
3.25 p. c. id. soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Total : 10.42 p. c.

La fumure était à l'hectare de 48 kilogrammes d'azote et de 60 kilogrammes d'acide phosphorique, fournis aux différentes parcelles par les quantités suivantes :

6391.5 grammes de cuir moulu;
2975.8 — de nitrate de soude;
2400.9 — de phosphate précipité;
5758.1 — de superphosphate de phosphorite allemande;
3861.0 — de superphosphate de phosphorite de Caçerès.

Voici la disposition du champ d'expériences :

5 Sans engrais.	12 Nitrate de soude + acide phosphorique précipité.	1 Sans engrais.
6 Cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau.	11 Nitrate de soude + acide phosphorique soluble + rétrogradé.	2 Acide phosphorique soluble dans l'eau.
7 Cuir + acide phosphorique soluble + rétrogradé.	10 Nitrate de soude + acide phosphorique soluble dans l'eau.	3 Acide phosphorique soluble + rétrogradé.
8 Cuir + acide phosphorique précipité.	9 Sans engrais.	4 Acide phosphorique précipité.

Notes de culture. — 19 avril : les engrais ont été répandus à la volée et enterrés à la houe. — 20 avril : la terre a été préparée. — 21 avril : on plante en poquets la betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin », distance de 0.40 sur 0.25. — 6 mai : commencement de la levée. — 31 mai : premier binage. — 8 juin : les plantes ont été isolées. — 9 juin : second binage. — 28 septembre : arrachage après 144 jours de végétation. — A partir du moment où l'on a démarié les betteraves jusque vers la mi-septembre, les parcelles du milieu, au nitrate de soude, se distinguèrent de loin par leur végétation vigoureuse et d'un beau vert saturé.

Le rendement en poids, déduction faite de la tare et rapporté à l'hectare, est le suivant :

ENGRAIS EMPLOYÉS.	RENDEMENT à l'hectare.	AUGMENTATION comparativement à la moyenne des trois parcelles sans engrais (33870 kil.).
	kil.	
1. Sans engrais	34830	
2. Acide phosphorique soluble dans l'eau	34380	510 kil. = 1.5 p c.
3. Acide phosphorique soluble + rétrogradé	34290	420 » = 1.2 »
4. Acide phosphorique précipité.	34380	510 » = 1.5 »
5. Sans engrais	33840	
6. Cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau	37890	4020 » = 11.9 »
7. Cuir + acide phosphorique soluble + rétrogradé	37180	3610 » = 10.7 »
8. Cuir + acide phosphorique précipité	35910	2040 » = 6.0 »
9. Sans engrais	32940	
10. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble	43380	9510 » = 28.1 »
11. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble + rétrogradé . .	42070	8200 » = 24.2 »
12. Nitrate de soude + acide phosphorique précipité.	43830	9960 » = 29.4 »

Nous avons d'abord à constater que les trois parcelles

témoins, séparées entre elles par les autres parcelles du champ (voir le plan) ont produit des rendements suffisamment concordants. L'écart entre 1 et 5 n'est que de 990 kilogrammes, soit de 2.9 p. c.; entre 1 et 9 de 1890 kilogrammes, soit de 5.7 p. c.; entre 5 et 9 de 900 kilogrammes, soit de 2.7 p. c.; nous avons, par conséquent, pris comme base de comparaison la moyenne des rendements des trois parcelles non fumées, qui est de 33870 kilogrammes. En comparant à ce chiffre les poids fournis par les parcelles de la 1re série (acide phosphorique sous différentes formes de solubilité), nous remarquons que les engrais appliqués ont été tous sans action, l'augmentation de 1.2 à 1.5 p. c. étant absolument insignifiante : elle tombe tout à fait dans les limites des écarts inévitables dans de pareilles expériences.

Il en est autrement lorsque nous passons à la 2e série (cuir + phosphates); ici, l'addition du cuir a produit un surplus de récolte notable, variant, pour les trois parcelles, de 6.0 à 11.9 p. c., soit, en moyenne, 9.5 p. c. Il faut remarquer aussi que la parcelle 6 (cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau) a été légèrement supérieure à la parcelle 8 (cuir + acide phosphorique précipité). Cependant, on ne peut interpréter cette différence en faveur de l'acide phosphorique soluble dans l'eau. D'abord les résultats de la première série d'essais rendent plus que probable que les engrais phosphatés n'ont pas contribué, au moins d'une manière sensible, à l'augmentation du poids constaté dans la seconde série; ensuite, il faut se garder, dans la discussion des chiffres obtenus par des expériences de culture, de vouloir tirer des conclusions d'un essai isolé. Il faut, au contraire, avoir toujours en vue l'ensemble des résultats obtenus. C'est ainsi que nous voyons, pour la 3e série, que le phosphate précipité a été égal ou même un peu supérieur au superphosphate de chaux.

Si, comme nous venons de le voir, l'azote appliqué sous forme de cuir moulu a produit une majoration de récolte,

il a été cependant de beaucoup dépassé par l'azote du nitrate de soude, qui (voir 3e série) a agi d'une manière excessivement favorable : il a produit, en moyenne, pour les trois parcelles, une augmentation de 9223 kilogrammes (soit 27.2 p. c.) comparativement à la moyenne des trois parcelles sans engrais.

Lorsqu'on étudie l'action des engrais sur la betterave à sucre, il faut naturellement tenir compte aussi de la qualité de la racine. Nous avons, par conséquent, au moment de l'arrachage, prélevé sur chaque parcelle un échantillon de 15 betteraves, qui ont été soumises à l'analyse. Voici les résultats obtenus :

ENGRAIS EMPLOYÉS.	SUCRE dans 100 gr. de betteraves.	QUOTIENT de pureté du jus.
1. Sans engrais	11.71	88.6
2. Acide phosphorique soluble dans l'eau	10.97	86.2
3. Acide phosphorique soluble + rétrogradé	11.35	91.9
4. Acide phosphorique précipité. .	11.11	87.9
5. Sans engrais	11.22	88.1
6. Cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau	11.09	82.5
7. Cuir + acide phosphorique soluble + rétrogradé	10.87	88.6
8. Cuir + acide phosphorique précipité.	11.81	90.7
9. Sans engrais	11.11	88.6
10. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble dans l'eau . .	11.50	89.0
11. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble + rétrogradé .	11.69	88.6
12. Nitrate de soude + acide phosphorique précipité.	11.04	86.1

La composition des betteraves obtenues sur les 12 parcelles est sensiblement la même ; il serait téméraire de vouloir tirer une conclusion quelconque de chiffres qui diffèrent si peu : ils varient de 10.87 à 11.81 ; mais les moyennes de chaque groupe sont excessivement concordantes, les différences n'excèdent pas celles que l'on rencontre toujours dans l'analyse de divers lots d'un même champ.

ENGRAIS EMPLOYÉS.	SUCRE dans 100 gr. de betteraves.	QUOTIENT de pureté du jus.
Moyenne des 3 parcelles sans engrais	11.37	88.4
Moyenne des 3 parcelles aux phosphates seuls.	11.14	88.7
Moyenne des 3 parcelles au cuir et aux phosphates.	11.26	87.3
Moyenne des 3 parcelles au nitrate et aux phosphates . .	11.41	87.9

Les analyses des betteraves au nitrate prouvent que, lorsque cet engrais est employé à dose raisonnable (300 à 400 kilogrammes à l'hectare) et associé aux phosphates, il ne nuit nullement à la qualité de la racine. Les essais démontrent aussi ce que nous avons déjà plusieurs fois eu l'occasion d'établir : que l'emploi de bonnes graines, d'engrais appropriés et la conservation d'une distance convenable entre les plantes assurent, même dans une mauvaise année, comme en 1880, la production d'une récolte satisfaisante sous le rapport du poids (43000 kilogrammes) et de la qualité (11.41 p. c. de sucre dans la betterave), quoique la moyenne de 588 échantillons de betteraves de diverses contrées du pays, analysés par nous en 1880, n'ait donné que 9 55 p. c.

Il nous reste à examiner le côté financier de l'emploi du cuir et du nitrate de soude à la culture de la betterave à sucre.

La fumure au cuir a coûté 95 francs, celle au nitrate de soude 128 francs à l'hectare. L'augmentation produite par le cuir à été, en moyenne, de 3223 kilogrammes de betteraves à 25 francs = 81 francs; celle produite par le nitrate de soude, en moyenne, de 9223 kilogrammes à 25 francs = 231 francs. Il en résulte donc, pour le premier, une perte de 14 francs, tandis que, pour le second, il y a un bénéfice de 103 francs. En tenant compte aussi de la dépense occasionnée par les phosphates, laquelle a été, en moyenne, de 45 francs par hectare, la perte constatée par l'emploi du cuir moulu associé aux phosphates a été de 59 francs à l'hectare, tandis que, dans les mêmes conditions, une fumure composée de nitrate de soude et de phosphates a donné un bénéfice de 58 francs à l'hectare. La différence entre le cuir et le nitrate de soude se chiffre donc en faveur du dernier par 117 francs.

Si nous résumons nos diverses expériences de 1880 sur le cuir moulu, nous pouvons dire :

En terre sablo-argileuse en bon état de fertilité, le cuir moulu a été, dans l'année même où il a été appliqué, sans effet sur féveroles, mais il a produit sur avoine et sur betteraves à sucre une faible augmentation de récolte, sans nuire à la qualité des dernières. L'effet utile produit par le cuir sur l'avoine a été bien plus faible que celui exercé dans les mêmes conditions par le sang desséché, et pour betteraves l'azote du cuir a été de beaucoup inférieur à l'azote du nitrate de soude.

Quoi qu'il en soit, nous n'entendons pas, après une seule année d'expériences peu favorables au cuir moulu, déconseiller son emploi : nous engageons seulement les cultivateurs qui se servent de cette matière fertilisante à établir quelques essais comparatifs, afin de s'assurer si, dans les conditions spéciales où ils opèrent, l'emploi du cuir est réellement avantageux.

III. — LA LAINE BRUTE ET LA LAINE DISSOUTE[1].

Nos essais de 1879 ont principalement porté sur le cuir moulu ; en 1880 et en 1881, nous avons fixé notre attention sur un autre produit qui est appelé à acquérir une importance particulière pour la Belgique : la laine dite « dissoute ». Le développement considérable qu'a pris, en Belgique, l'industrie lainière donne lieu a une grande quantité de déchets de toutes sortes, résultant des opérations nombreuses auxquelles on soumet la laine brute. Ces déchets se trouvent en abondance à la disposition de l'agriculture : c'est ce qui nous a engagé à en faire, il y a quelques années déjà, une étude analytique complète (2) ; d'ailleurs leurs propriétés fertilisantes sont déjà justement appréciées par les cultivateurs.

Cependant, parmi ces produits, il y en a qui sont de composition excessivement irrégulière, ce qui est un inconvénient pour la vente au titre ; il y en a qui sont très volumineux et embarrassants, ce qui présente des difficultés de transport, de conservation et d'épandage ; il y en a d'autres encore qui renferment des proportions notables de graines (*Medicago maculata*, etc.) dont la présence est gênante, au moins pour certaines cultures. Ensuite, l'azote, dans les déchets de laine, se trouvant sous forme organique, combiné au carbone, à l'hydrogène et à l'oxygène, il est,

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n°25 (janvier 1882).
(2) Voir page 131.



par conséquent, d'une action moins rapide et moins énergique que l'azote ammoniacal et nitrique.

Dans le but de transformer des déchets de laine peu homogènes ou d'autres matières analogues, telles que chiffons, peaux, poils, etc., en produits plus concentrés, permettant un épandage plus facile et plus régulier, et afin d'accélérer l'assimilabilité de l'azote, l'industrie dissout aujourd'hui ces matières soit dans l'acide sulfurique, soit par l'action de vapeur sous pression. Cette dissolution est évaporée à siccité et la matière sèche est ensuite broyée. Elle forme alors une poudre sèche, couleur brun-foncé, presque noire, assez hygroscopique, douée d'une odeur caramelée et presque entièrement soluble dans l'eau. Le commerce appelle ce produit « laine dissoute ». L'azote s'y trouve en partie sous forme d'ammoniaque, en plus grande partie sous forme de matières organiques azotées solubles dans l'eau ; une minime proportion a conservé son état primitif. On ne peut affirmer *à priori* que la transformation de la matière azotée de la laine, insoluble dans l'eau, en matière azotée soluble constitue une amélioration au point de vue de la nutrition de la plante. Nous ignorons absolument la valeur comme engrais de la tyrosine, de la leucine ou des corps analogues, tels qu'ils se forment pendant la préparation de la laine dite « dissoute ». Ce sont ces considérations qui nous ont engagé à entreprendre des essais sur la valeur agricole de ce nouveau produit, afin de décider si la « laine dissoute » est supérieure à la laine brute et comment elle se comporte comparativement au nitrate de soude.

Les expériences qui font le sujet de cette note ont été exécutées en 1880 et 1881 avec le concours de M. Mercier. Comme dans nos recherches sur la valeur agricole de l'acide phosphorique sous diverses formes de solubilité et dans celles sur l'emploi du cuir, nous avons installé plusieurs séries d'essais, en variant le milieu dans lequel les plantes

d'étude végétaient et les autres conditions extérieures de l'expérience. Nous espérons, de cette manière, augmenter les chances d'exactitude pour tous nos essais et obtenir des résultats qui nous permettent d'en tirer des conclusions certaines.

C'est ainsi que nous avons exécuté, en petit, dans la serre, une série de recherches sur le froment en terre argilo-sablonneuse ; nous avons opéré ensuite, à l'air libre, dans les cases de végétation sur la betterave à sucre en terre sablo-argileuse, et ensuite en grande culture sur la même plante. Nous allons successivement rendre compte de ces expériences :

I. Essais dans la serre. — Les engrais essayés étaient les suivants :

Laine brute titrant	3.49 p. c.	d'azote organique.
Laine dissoute id.	11.87 p. c.	d'azote total, dont 2.48 sous forme d'ammoniaque.
Nitrate de soude titrant	15.91 p. c.	d'azote nitrique.
Phosphate précipité id.	28.29 p. c.	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

La terre était la même que celle employée dans nos recherches antérieures. Nous renvoyons également à la page 45 pour tout ce qui concerne la disposition des expériences : forme des bocaux, manière de les remplir, de les arroser, d'appliquer les engrais, etc. La même méthode étant suivie dans toutes les recherches que nous poursuivons depuis plusieurs années dans la serre, nous pouvons nous borner ici aux renseignements concernant spécialement les essais de 1881.

Fumure : 0.25 gramme d'azote et 0.30 gramme d'acide phosphorique par bocal de 4000 grammes de terre. — 2 avril : semis de 10 grains de froment de mars. — 6 avril : commencement de la levée. — 10 avril : levée complète. — 14 avril : suppression de 4 plantes par

bocal en laissant les 6 plus vigoureuses. — 17 mai : en général, différence sensible en faveur des pots avec engrais, qui sont plus vigoureux et plus verts que ceux non fumés. Supériorité incontestable de la laine dissoute sur la laine brute ; égalité de vigueur entre nitrate de soude et laine dissoute. Légère supériorité de la série avec phosphates sur la série sans phosphates. — 6 juin : les épis apparaissent dans la série azote + phosphate. — 8 juin : épis dans les pots sans engrais. — 9 juin : épis dans la série azote. — 13 juin : floraison. — 14 juillet : on arrête les arrosages. — 20 juillet : récolte.

Les rendements obtenus en grammes sont consignés dans le tableau de la page suivante :

	Récolte totale.	Paille.	Balles.	Grains.
Sans engrais	60.05	40.55	4.37	15.13
Sans engrais	58.15	38.85	4.52	14.78
Sans engrais	57.55	38.00	4.78	14.77
Sans engrais	59.55	40.15	4.91	14.49
Moyennes des 4 pots non fumés :	**58.82**	**39.39**	**4.65**	**14.79**
Ire SÉRIE. Azote.				
Déchets de laine . . .	61.30	39.70	4.37	17.23
Déchets de laine . . .	63.05	41.05	4.71	17.29
Moyennes.	**62.175**	**40.375**	**4.54**	**17.26**
Laine dissoute	66.35	42.70	5.15	18.50
Laine dissoute . . .	68.75	45.55	4.89	18.31
Moyennes.	**67.55**	**44.125**	**5.02**	**18.41**
Nitrate de soude . . .	74.05	46.85	5.93	21.27
Nitrate de soude . . .	72.60	47.25	5.84	19.51
Moyennes.	**73.325**	**47.05**	**5.885**	**20.39**
IIe SÉRIE. Azote + acide phosphorique.				
Déchets de laine + phosphate.	64.35	41.30	4.75	18.30
Déchets de laine + phosphate.	62.30	40.70	4.73	16.87
Moyennes.	**63.325**	**41.00**	**4.74**	**17.59**
Laine dissoute + phosphate.	68.70	44.20	5.20	19.30
Laine dissoute + phosphate.	70.25	44.35	5.59	20.31
Moyennes.	**69.475**	**44.275**	**5.395**	**19.81**
Nitrate de soude + phosphate.	70.10	44.70	5.47	19.93
Nitrate de soude + phosphate.	71.35	44.75	5.64	20.96
Moyennes.	**70.725**	**44.725**	**5.555**	**20.45**

En fixant tout d'abord notre attention sur les rendements des pots sans engrais, nous remarquons qu'ils ont été, cette année, au nombre de 4. Ils étaient placés aux deux bouts

de la table, un et deux au fond de la serre, trois et quatre vers la grande porte-fenêtre servant de sortie au wagonnet portant les tables avec les bocaux.

Le but de cette mesure était de nous renseigner de nouveau sur le degré de concordance qu'il est possible d'atteindre parmi les bocaux traités d'une manière identique et de contrôler si la nouvelle disposition adoptée dans l'emplacement de nos bocaux d'essais assure une répartition uniforme de l'éclairage et de la chaleur, conditions indispensables à la réussite d'expériences comparatives.

Les chiffres obtenus par la pesée des grains peuvent nous rassurer sous ce rapport. La moyenne des rendements ne s'écarte du maximum que de 0.34 gramme ou de 2.3 p.c., et du minimum que de 0.30 gramme ou de 2.0 p.c.

Si, maintement, nous comparons le rendement des bocaux fumés au rendement des bocaux témoins, nous trouvons que l'azote sous ses trois formes a produit une forte augmentation de récolte ; l'addition de phosphates a peu agi. Pour deux des essais, laine brute et nitrate, l'augmentation tombe dans les limites des écarts inévitables dans de pareilles expériences. Combiné à la laine dissoute, l'acide phosphorique a été d'un effet utile. Le tableau suivant rend plus frappante l'action des divers engrais :

	Grammes.	Augmentation en grammes.	Augmentation en p. c.
Rendement moyen des 4 pots non fumés	14.79	—	—
Rendement moyen des 2 pots laine brute	17.26	2.47	16.7
Rendement moyen des 2 pots laine dissoute	18.41	3.62	24.5
Rendement moyen des 2 pots nitrate de soude	20.39	5.60	37.9
Rendement moyen des 2 pots laine brute + phosphate	17.59	2.80	18.9
Rendement moyen des 2 pots laine dissoute + phosphate . . .	19.81	5.02	33.9
Rendement moyen des 2 pots nitrate + phosphate	20.45	5.66	38.3

Comme dans toutes les expériences que nous avons entreprises jusqu'à présent sur les engrais azotés, le nitrate de soude l'emporte encore, cette fois, sur toute la ligne.

La laine brute, tout en ayant fait accroître le poids en grains d'une manière assez sensible (16.7 et 18.9 p. c.), est cependant restée beaucoup en arrière sur la laine dissoute. Celle-ci tient, dans la première série, à peu près le milieu entre la laine brute et le nitrate de soude, tandis que, dans la seconde série, elle atteint presque l'effet produit par l'azote nitrique.

II. Essais au champ d'expériences. — Nous avons entrepris, en même temps que les recherches dans la serre, un essai en plein champ. Au bord d'une grande pièce de betteraves appartenant à l'Institut agricole de l'État, il nous a été réservé 13 ares pour les différents essais de 1881. Ayant porté en 1880 du froment, cette pièce n'avait reçu depuis un an ni fumier, ni engrais chimiques ; 4 parcelles de 45.56 mètres carrés étaient consacrées à l'essai de la laine dissoute. Les parcelles étant plus petites que celles que nous traçons ordinairement (1 are) et se trouvant groupées autour de celle sans engrais, nous n'avons laissé qu'une seule parcelle témoin. Les parcelles étaient entourées, comme nous conseillons de le faire toujours dans de semblables recherches, d'une bande de 1 mètre, également plantée en betteraves, mais non comprise dans l'expérience.

Engrais employés.

Déchets de laine titrant	2.94 p. c.	d'azote organique.
Laine dissoute id.	9.11 p. c.	d'azote total, dont 2 34 à l'état ammoniacal.
Nitrate de soude titrant	15.97 p. c.	d'azote nitrique.
Phosphate précipité id.	28.29 p. c.	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Toutes les parcelles ont reçu une fumure de 75 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare, ensuite 60 kilo-

grammes d'azote sous forme de laine, de laine dissoute et de nitrate de soude, sauf la parcelle témoin.

13 avril : on répand les engrais à la volée et on les enterre à la houe. — 2 mai : on plante la graine de betteraves « Breslau acclimatée par Vilmorin »; les lignes sont espacées de 0m40 et les poquets de 0m25 dans les lignes. — 17 mai : levée complète. — 7 juin : premier binage et démariage. — 15 juin : second binage. — 15 juillet : différence sensible entre les parcelles à engrais et celle non fumée ; supériorité incontestable du nitrate de soude ; vient ensuite la laine dissoute, et enfin la laine brute. — 21 octobre : arrachage. — Les betteraves sont très bien formées ; elles ont bien pivoté et sortent peu de terre. — Poids de la récolte rapporté à l'hectare, après déduction de 13.6 p. c. de tare :

Rendement du champ d'expériences en kilogrammes.

Engrais employés.	Rendement à l'hectare.	Augmentation de la récolte.
Sans azote.	28573	—
Laine brute.	31744	3171 = 11.1 p. c.
Laine dissoute.	37408	8835 = 30.9 p. c.
Nitrate de soude.	42204	13631 = 47.7 p. c.

Analyse des betteraves du champ d'expériences.

	Betteraves analysées.	Poids moyen.	Densité du jus.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté du jus.
Sans azote.	20	408.5 gr.	1.0644	13.09	87.77
Laine brute.	20	387.5	1.0648	13.32	88.76
Laine dissoute.	20	436.0	1.0614	12.62	88.53
Nitrate de soude.	20	451.0	1.0631	12.17	83.18

Dans la terre sablo-argileuse du pays de Gembloux, qui ne renferme, en moyenne, dans la couche arable de 1 hectare, que 450 kilogrammes d'azote, les engrais azotés sont toujours très actifs, tandis que l'acide phosphorique n'agit que médiocrement et que la potasse est d'un effet douteux.

Nous voyons encore, cette année, qu'une fumure de

60 kilogrammes d'azote nitrique (376 kilogrammes de nitrate de soude) a produit une augmentation de récolte de 13631 kilogrammes; en 1880, la même dose d'azote nitrique a donné un excès de 9223 kilogrammes comparativement à la parcelle non fumée. Les déchets de laine sont restés de beaucoup en arrière sur le nitrate de soude, dont l'effet a été brillant. La laine dissoute, tout en ayant agi plus énergiquement que la laine brute, est loin d'atteindre le nitrate; elle tient le milieu. Cet essai prouve néanmoins que l'opération de la dissolution de la laine, en la transformant partiellement en ammoniaque et en matières organiques solubles dans l'eau, augmente considérablement son efficacité. En effet, la laine brute a donné un excès de récolte de 11.1 p. c., la laine dissoute de 30.9 p. c.

Quant à la richesse saccharine, il est à remarquer que les betteraves des quatre parcelles sont de très bonne qualité : elles renferment, en moyenne, 12.80 p.c. de sucre, avec un quotient de pureté élevé. La laine dissoute et le nitrate de soude ayant produit des betteraves plus grosses que les déchets de laine et la parcelle sans azote, il en est résulté une diminution du titre en sucre. Cependant elle n'est pas assez forte pour en faire un grief contre l'emploi de la laine dissoute et du nitrate de soude, car les rendements respectifs de 37408 kilogrammes de betteraves à 12.62 p. c. et de 42204 kilogrammes à 12.17 p. c. de sucre constituent un résultat favorable tant au point de vue cultural qu'au point de vue industriel. La récolte de la première parcelle vaut 1087 francs[1] et celle de la seconde 1179 francs l'hectare ; ensuite des betteraves titrant 12 à 12.5 p. c. de sucre sont une excellente

---

(1) Comptée au prix de 25 francs les 1000 kilogrammes à 11 p. c., avec augmentation de 2 fr. 50 c. pour chaque pour cent en plus.

matière pour la fabrication, comparativement à ce que l'on produit, en moyenne, dans le pays.

III. Essais dans les cases de végétation. — La matière azotée de la laine étant rendue soluble dans l'eau par le procédé de la fabrication de la laine dite dissoute, nous avons cru nécessaire d'installer quelques essais pour nous renseigner sur la manière dont ce produit se comporte vis-à-vis de l'eau qui traverse le sol. Les recherches faites jusqu'à ce jour sur le pouvoir absorbant de la terre arable n'ont pas porté sur des produits tels qu'il s'en forme pendant la dissolution de la laine. Nous devions, par conséquent, nous demander si l'application de ce nouveau procédé n'entraîne pas une perte sensible de l'azote passant dans l'eau de drainage.

Nous avons pensé que nous ne pouvions mieux faire que d'établir ces essais dans nos cases de végétation maçonnées. La construction de ces cases (1), tout en empêchant l'infiltration des eaux du sol environnant et la perte de l'eau tombée sur la surface de la case, permet de recueillir aisément l'eau de drainage ayant traversé la couche de 1 mètre de terre soumise à l'expérience.

Les engrais étaient les mêmes que ceux employés dans les essais de la serre. La fumure correspondait à 6 grammes d'azote par case d'une surface de 1 mètre carré; les engrais ont été enterrés à la houe. Les cases étaient remplies du sol sablo-argileux de Gembloux, d'un pouvoir absorbant pour l'eau de 43.75 p. c.

A. *Essais de* 1880. — 22 avril : on plante par case 9 poquets de graine « Breslau acclimatée par Vilmorin ». — 5 mai : levée. — 31 mai : premier binage. — 20 juin : on isole les betteraves. — 8 juillet : second binage. — 25 octobre : récolte.

(1) Voir le dessin de ces cases sur la planche I.

	Poids des racines.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté.	Azote recueilli dans l'eau de drainage du 22/4 au 25/8.
	kil.			gr.
Case sans engrais . .	2.700	9.98	85.4	0.0138
Case laine dissoute . .	3.410	10.68	83.3	0.0111

B. *Essais de* 1881. — La première levée ayant été très irrégulière, on a resemé le 20 mai. — 29 mai : levée complète. — 13 juin : premier binage. — 15 juin : démariage. — 23 juin : dernier binage. — 25 octobre : récolte. Le semis tardif explique le rendement faible.

	Poids des racines.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté.	Azote recueilli dans l'eau de drainage du 20/4 au 25/8.
	kil.			gr.
Case laine brute . .	1.570	11.02	81.2	0.1667
Case laine dissoute .	2.080	12.13	85.1	0.2024

En ce qui concerne d'abord l'influence de la laine dissoute sur la production, les essais des cases sont en parfaite concordance avec ceux de la serre et du champ; cet engrais a donné, en 1880, une forte augmentation comparativement à la case non fumée et, en 1881, comparativement à une case ayant reçu la même quantité d'azote, mais sous forme de laine brute. Dans les deux essais, la betterave obtenue sur fumure à la laine dissoute est la plus riche, mais nous ne pouvons attacher aucune importance à ce fait, parce qu'on a vu plus haut que le contraire a eu lieu au champ d'expériences.

Les analyses des eaux de drainage peuvent nous rassurer sur le danger d'une perte d'azote résultant de la solubilité dans l'eau de la laine dissoute. Aucune différence sensible n'existe entre la composition de l'eau s'écoulant du drain de la case sans engrais et de l'eau fournie par le drain de la case fumée à la laine dissoute (essais de 1880), et si, en 1881, les eaux de drainage de la dernière case renfermaient 35.7 milligrammes d'azote de plus que les eaux de la case

« laine brute », cette perte, rapportée à la fumure de 6 grammes d'azote, ne correspond qu'à 0.58 p. c., ou, rapportée à l'hectare, pour une fumure de 60 kilogrammes d'azote, qu'à 357 grammes. Ce chiffre minime sera d'ailleurs encore plus faible en pratique, car le drainage d'un bloc de terre de 1 hectare de surface est moins complet que ne l'est celui de 1 mètre cube de terre se trouvant dans une case de végétation.

Ces dernières expériences faisant partie d'une série de recherches poursuivies déjà depuis plusieurs années sur les eaux de drainage, nous les discuterons plus amplement à une autre occasion. Nous faisons, pour le moment, abstraction complète de la part qui revient, dans la quantité totale de l'azote échappé par les drains, à l'azote du sol et de l'eau de pluie; il nous suffit de constater ici que le procédé de la dissolution de la laine n'entraîne aucune perte dont il serait nécessaire de tenir compte lorsqu'on applique la laine dissoute comme matière fertilisante, au moins dans des terres ressemblant à celle sur laquelle nous avons opéré.

En résumant maintenant nos diverses recherches sur la valeur agricole de la laine dissoute, nous pouvons formuler la conclusion suivante:

En terre sablo-argileuse en bon état de fertilité, la laine dissoute a très favorablement agi sur la production du froment et de la betterave à sucre. Elle a produit, pour la première année, comparativement au sol non fumé, une augmentation de 24.5 *p. c. de froment et de* 30.1 *p. c. de betteraves à sucre, de bonne qualité.*

La laine dissoute a été plus efficace que les déchets de laine bruts, mais elle est restée en arrière par rapport au nitrate de soude. La transformation de la matière azotée de la laine en produits solubles dans l'eau n'occasionne, lors de l'emploi de la laine dissoute comme engrais, aucune perte sensible en azote passé dans les eaux de drainage.

Nous croyons, par conséquent, pouvoir conseiller aux cultivateurs de faire quelques essais avec cette nouvelle matière fertilisante; d'abord sur une petite surface et en poursuivant l'expérience une seconde année, afin de s'assurer si, dans les conditions spéciales de leur culture, l'emploi de la laine dissoute est avantageux. Elle mérite l'attention, particulièrement dans le cas où la distance de la ferme au chemin de fer doit faire préférer les engrais concentrés aux matières fertilisantes qui, sous un grand volume, ne renferment qu'une faible proportion de principes utiles, tel que le cas se présente pour les déchets de laine brute.

IV. — LE SANG DESSÉCHÉ[1].

La suite de nos expériences sur les déchets azotés des industries nous a amené à étudier, en 1882, le sang desséché.

L'utilisation rationnelle des quantités considérables de sang qui sont journellement produites dans les abattoirs a fait des progrès réels [2]. C'est ainsi que 32 échantillons de sang desséché, examinés, en 1880 et 1881, à la Station agricole de Gembloux, ont donné un titre moyen de 11.23 p. c. d'azote. Le sang desséché du commerce est d'une qualité satisfaisante, non seulement au point de vue de sa richesse en principes fertilisants, mais encore en ce qui concerne l'état physique sous lequel il se présente. Sec, friable, pulvérulent, presque sans odeur, le sang desséché se prête facilement à l'emballage, au transport et à toutes les manipulations qu'exige son emploi agricole, telles que l'épandage à la main ou à la machine, etc. Les effets produits par cet engrais sont en rapport avec les qualités signalées. Déjà, dans nos expériences de 1880 [3], le sang desséché a agi efficacement; il s'est montré beaucoup supérieur au cuir moulu; il a plus que doublé la récolte obtenue dans les pots sans fumure, et cela dans trois séries d'essais différents.

Pour arriver à une appréciation exacte de la valeur agricole du sang desséché, nous devions encore entreprendre de nouveaux essais, enfin de le comparer à un engrais

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 28 (févier 1883).

(2) *Les matières fertilisantes à l'Exposition de Paris*; Bruxelles, 1880.

(3) Voir page 159.



d'un effet parfaitement connu, tel que, par exemple, le nitrate de soude. Nous devions aussi l'expérimenter dans deux espèces de terre, de composition et de propriétés physiques différentes. C'est ce que nous avons fait en 1882.

Nous renvoyons, pour tout ce qui concerne la disposition générale des expériences entreprises en 1882 dans la serre, aux recherches antérieures et nous nous bornons aux renseignements qui concernent spécialement les essais de cette année.

Terre employée : 15 bocaux avec sol sablo-argileux de Gembloux associé à 1/4 de son volume de sable quartzeux (voir page 147); 15 bocaux avec sable de la Campine (voir page 46); 4 kilogrammes de terre par bocal.

La quantité et la composition des engrais employés étaient :

2 gr. 3787 de sang desséché titrant 10.51 p. c. d'azote = 0.25 gr. d'azote organique.

1 gr. 5843 de nitrate de soude titrant 15.78 p. c. d'azote = 0.25 gr. d'azote nitrique.

1 gr. 0616 de phosphate précipité titrant 28.26 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin = 0 gr. 30 d'acide phosphorique.

0 gr. 3773 de chlorure de potassium titrant 53.01 p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau = 0 gr. 20 de potasse.

La distribution de ces matières résulte des tableaux des pages 176 et 177.

Notes de culture. — Les engrais ont été enterrés le 17 mars au moyen d'une spatule. — Le lendemain, on a semé 10 grains de froment de mars par bocal. — 24 mars : levée dans la série argile. — 25 mars : levée dans la série sable. — 3 avril : suppression de 4 plantes par bocal en laissant les 6 plus vigoureuses. — 29 avril : série sable : différence très forte entre les pots avec engrais et ceux sans engrais, les derniers présentant des plantes très petites, faibles et jaunes. Supériorité incontestable du nitrate sur le sang ; supériorité des bocaux azote + acide phos-

phorique sur les bocaux à azote seul; supériorité prononcée des bocaux azote + acide phosphorique + potasse sur les bocaux azote + acide phosphorique. — Série argile : en général, différence en faveur des pots fumés sur ceux n'ayant pas reçu d'engrais; la différence est cependant moins accentuée que dans le sable. Point de différence entre le sang et le nitrate. Les bocaux à azote + acide phosphorique très peu supérieurs à ceux à azote seul. Aucune différence appréciable entre les bocaux ayant reçu du chlorure de potassium et ceux n'en ayant pas reçu. — 29 mai : les épis se montrent, dans les bocaux azote + acide phosphorique et dans les bocaux azote + acide phosphorique + potasse de la série sable. — 30 mai : les épis sortent dans les mêmes bocaux de la série argile. — 31 mai : on voit les épis dans les bocaux à azote de la série argile. — 1er juin : les épis sortent dans les bocaux sans engrais de la série argile. — 5 juin : les épis sont visibles dans les bocaux sans engrais et dans ceux à azote de la série sable. — 6 juin : tous les bocaux qui ont reçu de l'acide phosphorique sont en fleurs. — 8 et 9 juin : floraison dans tous les autres bocaux de la série argile. — 13 juin : id. pour la série sable. — 14 à 17 juillet : la maturation avance. — La hâtivité produite sous l'influence de phosphates se manifeste d'une manière très prononcée. Les épis des bocaux avec phosphates sont déjà secs et jaunes, tandis que ceux des bocaux sans engrais, et particulièrement ceux à azote, sont encore laiteux et verts. Cette différence est plus prononcée dans la série sable que dans les bocaux à argile. — On cesse les arrosages le 22 juillet dans la série argile et le 25 juillet dans la série sable. — 20 août : récolte.

Les rendements obtenus sont consignés dans les deux tableaux suivants; il est à remarquer que nous entendons par « épis longs » ceux qui ont plus de 0m10 de longueur et par « épis courts » ceux qui n'ont pas atteint cette dimension. Les épis ont été coupés à la base du premier épillet, qui est toujours avorté.

ARGILE.

	Nombre des épis.	Épis longs.	Épis courts.	Récolte totale.	Paille.	Balles.	Grains.
Sans engrais.	11	—	11	27.81	17.20	1.74	8.87
Sans engrais.	8	—	8	26.14	15.82	2.50	7.82
Sans engrais.	10	—	10	24.45	14.90	2.41	7.14
Moyennes des 3 pots sans engrais.	**9.7**	—	**9.7**	**26.13**	**15.97**	**2.22**	**7.94**
Ire SÉRIE. Azote seul.							
Sang desséché	21	5	16	62.63	36 90	6.51	**19.22**
Sang desséché . . .	20	6	14	61.50	35.62	5.99	**19.89**
Moyennes.	**20.5**	**5.5**	**15**	**62.07**	**36.26**	**6.25**	**19.56**
Nitrate de soude. . . .	20	5	15	63.90	37.29	6.69	**19.92**
Nitrate de soude. .	21	6	15	64.87	37.55	6.96	**20.36**
Moyennes.	**20.5**	**5.5**	**15**	**64.39**	**37.42**	**6.83**	**20.14**
IIe SÉRIE. Azote + acide phosphorique.							
Sang + phosphate précipité.	21	3	18	61.23	35.86	6.34	**19.03**
Sang + phosphate précipité	21	5	16	63.58	37.50	6.10	**19.98**
Moyennes.	**21**	**4**	**17**	**62.41**	**36.68**	**6.22**	**19.51**
Nitrate de soude + phosphate précipité . .	21	6	15	64.56	37.95	6.68	**19.93**
Nitrate de soude + phosphate précipité . .	19	11	8	64.60	39.05	6.23	**19.32**
Moyennes.	**20**	**8.5**	**11.5**	**64.58**	**38.50**	**6.46**	**19.62**
IIIe SÉRIE. Azote + acide phosphorique + potasse.							
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium.	19	9	10	62.71	37.02	6.07	**19.62**
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium.	20	4	16	63.62	37.99	6.37	**19.26**
Moyennes.	**19.5**	**6.5**	**13**	**63.17**	**37.51**	**6.22**	**19.44**
Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium . .	21	9	12	66.71	39.02	7.07	**20.62**
Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium . .	20	5	15	62.91	37.69	6.23	**18.99**
Moyennes.	**20.5**	**7**	**13.5**	**64.81**	**38.36**	**6.65**	**19.80**

SABLE.

	Nombre des épis.	Épis longs.	Épis courts.	Récolte totale.	Paille.	Balles.	Grains.
Sans engrais.	6	—	6	7.47	4.75	0.81	**1.91**
Sans engrais.	6	—	6	7.15	4.37	0.82	**1.96**
Sans engrais.	6	—	6	7.67	4.45	0.85	**2.37**
Moyennes.	**6**	—	**6**	**7.43**	**4.52**	**0.83**	**2.08**
Ire SÉRIE. — Azote seul.							
Sang desséché	7	—	7	15.39	8.50	1.70	**5.19**
Sang desséché	7	—	7	16.10	9.45	1.74	**4.91**
Moyennes.	**7**	—	**7**	**15.75**	**8.98**	**1.72**	**5.05**
Nitrate de soude. . . .	12	3	9	27.93	16.95	3.11	**7.87**
Nitrate de soude. . .	10	3	7	26.11	16.27	2.68	**7.16**
Moyennes.	**11**	**3**	**8**	**27.02**	**16.61**	**2.90**	**7.51**
IIe SÉRIE. — Azote + acide phosphorique.							
Sang + phosphate précipité.	13	3	10	30.56	17.67	3.35	**9.54**
Sang + phosphate précipité.	15	2	13	28.23	16.70	3.18	**8.35**
Moyennes.	**14**	**2.5**	**11.5**	**29.40**	**17.19**	**3.27**	**8.94**
Nitrate de soude + phosphate précipité . .	14	4	10	32.87	18.72	3.54	**10.61**
Nitrate de soude + phosphate précipité . . .	16	4	12	29.36	17.10	3.35	**8.91**
Moyennes.	**15**	**4**	**11**	**31.12**	**17.91**	**3.45**	**9.76**
IIIe SÉRIE. — Azote + acide phosphorique + potasse.							
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium.	15	5	10	37.14	19.77	4.08	**13.29**
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium.	13	3	10	32.41	18.25	3.08	**11.08**
Moyennes.	**14**	**4**	**10**	**34.78**	**19.01**	**3.58**	**12.19**
Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium	13	3	10	34.96	19.20	3.77	**11.99**
Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium	19	4	15	38.98	20.73	4.29	**13.96**
Moyennes.	**16**	**3.5**	**12.5**	**36.97**	**19.97**	**4.02**	**12.93**

En examinant d'abord les chiffres du tableau de la série « argile », nous trouvons que le rendement moyen des bocaux témoins a été de 7 grammes 94 de grain. Les récoltes de ces trois essais se rapprochent suffisamment pour que leur moyenne puisse servir de base à la discussion des résultats de nos expériences.

L'action des divers engrais se remarque très nettement en groupant les chiffres de la manière suivante et en déduisant l'augmentation produite comparativement aux pots sans fumure :

	Grammes.	Augmentation en grammes.	Augmentation en p. c.
Rendement moyen des 3 pots sans engrais.	7.94	—	—
Rendement moyen des 2 pots sang . .	19.56	11.62	146
Rendement moyen des 2 pots nitrate .	20.14	12.20	154
Rendement moyen des 2 pots sang + phosphate.	19.51	11.75	146
Rendement moyen des 2 pots nitrate + phosphate.	19.62	11.68	147
Rendement moyen des 2 pots sang + phosphate + potasse	19.44	11.50	145
Rendement moyen des 2 pots nitrate + phosphate + potasse	19.80	11.86	150

Ce qui frappe le plus dans l'examen de ces chiffres, c'est l'effet considérable produit par l'azote. L'azote du sang et du nitrate employé à la dose de 0 gramme 25 par 4000 grammes de terre a non seulement augmenté considérablement le nombre de tiges émises par le même nombre de plantes, mais il a aussi produit des épis plus longs, presque triplé le rendement en grain et plus que doublé celui en paille. L'addition d'acide phosphorique et de potasse a été sans effet aucun, ce qui prouve que le sol expérimenté est suffisamment riche en matières minérales assimilables pour que la fumure azotée seule ait pu produire autant que la combinaison de l'azote avec phosphate et autant que l'engrais renfermant : azote, acide phosphorique et potasse. Ce résultat est entièrement

d'accord avec nos essais de 1881 exécutés sur des betteraves au champ d'expériences (voir page 167), lesquels nous ont déjà fait écrire que, dans la terre sablo-argileuse de Gembloux, les engrais azotés sont toujours très actifs, tandis que l'acide phosphorique n'agit que médiocrement et que la potasse est d'un effet douteux.

Il résulte ensuite des chiffres de notre tableau qu'il n'y a pas de différence sensible entre l'azote organique du sang desséché et l'azote nitrique du nitrate de soude. Les faibles différences qui se sont manifestées et qui sont pour les trois séries respectivement de 0 gramme 58, de 0 gramme 11 et de 0 gramme 36, tombent dans les limites des écarts inévitables de l'expérience. Il y a cependant à considérer que les différences entre l'azote du sang et celui du nitrate, quelque minimes qu'elles soient, sont, pour les trois expériences, régulièrement en faveur du nitrate, ce que l'on ne peut attribuer au hasard. On est donc tenté de conclure, déjà pour cette première série d'expériences, à une faible supériorité du nitrate, d'autant plus que celle-ci est très manifeste dans le sol sablonneux.

C'est aux résultats obtenus dans cette seconde série que nous passons maintenant.

	Grammes.	Augmentation en grammes.	Augmentation en p. c.
Rendement moyen des 3 pots sans engrais.	2.08	—	—
Rendement moyen des 2 pots sang . . .	5.05	2.97	143
Rendement moyen des 2 pots nitrate . .	7.51	5.43	261
Rendement moyen des 2 pots sang + phosphate	8.94	6.86	330
Rendement moyen des 2 pots nitrate + phosphate	9.76	7.68	369
Rendement moyen des 2 pots sang + phosphate + potasse	12.19	10.11	486
Rendement moyen des 2 pots nitrate + phosphate + potasse	12.98	10.90	524

Nous constatons tout d'abord, comme dans la première série, que l'azote a exercé une action des plus favorables. Le sang et le nitrate de soude ont considérablement

augmenté le rendement en paille et en grain ; leur effet a encore été plus énergique que dans le sol sablo-argileux. C'est d'ailleurs un fait fréquemment constaté que l'action des engrais est en raison inverse de la richesse du sol où on les applique. C'est la pauvreté de la terre employée (voir analyse page 46) qui est aussi la cause que, dans cette série d'essais, l'acide phosphorique et la potasse ont eu un effet manifeste, tandis qu'ils n'ont pas agi du tout dans le sol sablo-argileux. En effet, l'application simultanée de 0 gramme 3 d'acide phosphorique et de 0 gramme 25 d'azote a porté dans la série « sang » le rendement de 5 grammes 05 à 8 grammes 94 et dans la série « nitrate » de 7 grammes 51 à 9 grammes 76. Les cas dans lesquels l'application de chlorure de potassium, lors de l'exécution d'essais comparatifs de fumure, a produit une augmentation sensible de récolte sont trop rares pour que nous ne nous arrêtions pas un moment à cette partie de nos essais de 1882. Une fumure complémentaire de 0 gramme 3772 de chlorure de potassium = 0 gramme 20 de potasse anhydre a produit une majoration de récolte de 3 grammes 25 de grain et de 1 gramme 82 de paille, comparativement aux pots « sang + phosphate », et une majoration de 3 grammes 22 de grain et de 2 grammes 06 de paille, comparativement aux pots « nitrate + phosphate ». La potasse a donc favorablement agi lorsqu'elle a été associée à l'azote organique du sang, de même que lorsqu'elle a été associée à l'azote nitrique du nitrate de soude. En comparant les rendements des quatre derniers bocaux de la série « sable » au rendement des bocaux non fumés, on est frappé de la majoration de récolte que l'engrais complet est capable de produire. La récolte en grain a monté respectivement de 2 grammes 08 à 12 grammes 19 et à 12 grammes 98, celle de la paille de 4 grammes 52 à 19 grammes 01 et à 19 grammes 97, c'est-à-dire que le poids de la paille a plus que quadruplé et que celui du grain a sextuplé.

Un autre fait qui ressort des essais entrepris dans le sable et dont nous devons particulièrement tenir compte, c'est la différence qui s'est manifestée, entre l'azote du nitrate et l'azote du sang, en faveur du premier. L'azote nitrique a été supérieur à l'azote organique sur toute la ligne, aussi bien lorsqu'il a été employé seul que lorsqu'il a été associé au phosphate ou au phosphate + chlorure de potassium.

Nous insistons encore sur un point qui se trouve consigné dans les notes de culture : c'est la hâtiveté de la végétation produite sous l'influence d'une fumure phosphatée. Déjà dans nos expériences de 1881, nous avions constaté (page 163) que les épis de la série « azote + phosphate » se sont montrés deux jours avant ceux des pots non fumés et trois jours avant les épis des pots ayant reçu seulement de l'azote. Ce phénomène s'est de nouveau produit dans les essais de 1882 et il a été même plus prononcé que l'année précédente. C'est ainsi que les pots « azote + acide phosphorique » et les pots « azote + acide phosphorique + potasse », de la série « sable », ont montré les épis le 29 mai, tandis que cette phase de végétation s'est accomplie seulement le 5 juin dans les bocaux sans engrais et dans ceux ayant été fumés à l'azote seul. Le 6 juin, les plantes des pots à « acide phosphorique » étaient en fleurs, tandis que celles des pots sans engrais et à « azote seul » ont tardé jusqu'au 13 juin avant d'entrer en floraison. La même observation a été faite dans la série « argile ». L'influence que la fumure à phosphate exerce sur la hâtiveté de la végétation a été observée par nous plusieurs fois déjà sur la betterave à sucre. L'emploi de superphosphate de chaux et de phosphate précipité est donc un excellent moyen d'annuler l'effet fâcheux que les engrais azotés à dose un peu élevée exercent sur la maturation de la betterave. Sans pouvoir donner dès maintenant une explication satisfaisante du rôle que joue l'acide phosphorique sous ce rap-

port, nous nous bornons à signaler ce que nous avons constaté.

En ce qui concerne la valeur agricole du sang desséché, nous pouvons résumer dans les termes suivants les expériences faites en 1880 et en 1882 :

Le sang desséché employé seul ou combiné avec des phosphates et des sels de potasse en terre sablo-argileuse en bon état de fertilité et dans du sable presque stérile a plus que doublé la récolte du froment. Employé comparativement avec le cuir et le nitrate de soude, le sang a dépassé de beaucoup le premier; il est resté en arrière sur le nitrate de soude dans le sable; mais, dans la terre sablo-argileuse, l'azote du sang n'a différé de l'azote nitrique que d'une manière à peine appréciable.

Nous possédons, par conséquent, dans le sang desséché une matière fertilisante azotée de tout premier ordre et on ne peut assez recommander aux abattoirs qui, jusqu'à présent, laissent encore perdre le sang, d'utiliser cette matière précieuse à la fabrication du sang desséché. Les intérêts de l'agriculture et ceux de l'hygiène publique sont, sous ce rapport, absolument solidaires.

Depuis quelque temps, on a cru voir dans l'extension de l'utilisation agricole du sang un danger pour la propagation du charbon. Autant ces craintes sont sérieuses en ce qui concerne l'application directe comme engrais du sang frais ou des déchets de cadavres d'animaux, autant elles nous paraissent peu fondées pour le sang desséché du commerce, qui, lors de sa fabrication, est traité non seulement par un désinfectant des plus puissants, — une dissolution concentrée de protosulfate de fer, — mais est aussi soumis à l'action d'une température élevée. Pour faire admettre le danger de la propagation du charbon par cette matière fertilisante, il faudrait d'abord démontrer dans le sang desséché du commerce la présence de la bactéridie vivante du char-

bon, ayant résisté à toutes les manipulations que la fabrication industrielle de cet engrais comporte. Il ne suffit pas, en effet, de recueillir des cas où l'on a constaté des affections charbonneuses après l'application d'engrais artificiels, attendu que celles-ci peuvent être produites par des causes tout autres.

Le premier groupe des expériences que nous avons entreprises dans le but de posséder des données permettant d'apprécier la valeur agricole de certains déchets azotés fournis en abondance à l'agriculture par diverses industries est terminé. Il comprenait : le cuir moulu, les déchets de laine, la laine dissoute et le sang desséché. Nous continuerons ces expériences sur d'autres produits, en les comparant avec ceux que nous avons déjà étudiés.

Nous avons donné, à la fin du compte rendu annuel des essais de 1880, 1881 et 1882, les conclusions qui nous paraissent ressortir dès maintenant de nos essais. En ce qui concerne la valeur relative des matières essayées et leur valeur comparée au nitrate de soude, il résulte de l'ensemble de nos recherches que ces matières doivent être classées comme suit d'après leur efficacité en terre sablo-argileuse et sablonneuse etdans la première année de leur application :

Nitrate de soude;
Sang desséché;
Laine dissoute;
Laine brute;
Cuir moulu.

Le *Journal für Landwirthschaft* (1882, XXX) vient de publier une série de recherches poursuivant le même but que les nôtres. L'auteur de ces expériences, M. Stutzer, cherche à établir par des essais de laboratoire la valeur relative que possède, au point de vue agricole, l'azote organique des différents déchets azotés des industries.

Partant de la considération que la matière organique azotée de ces produits, avant de se transformer en ammoniaque ou en acide nitrique, c'est-à-dire avant de devenir profitable aux plantes, doit être rendue soluble et que, par conséquent, la valeur agricole relative de ces produits doit dépendre de la rapidité avec laquelle leur matière azotée devient soluble, M. Stutzer les met en contact avec des ferments non organisés, par exemple la pepsine. Il les soumet, par conséquent, à une véritable digestion artificielle. En fixant l'azote total contenu dans les produits à étudier avant l'expérience et en déterminant l'azote qui, après l'essai de fermentation, est resté insoluble, on obtient le taux de matière azotée rendue soluble. C'est par cette méthode que M. Stutzer est arrivé aux chiffres suivants :

	Azote rendu soluble sous l'influence du ferment.	Azote resté insoluble sous l'influence du ferment.
Sang desséché	89.75 p. c.	10.25 p. c.
Laine dissoute	85.34	14.66
Cuir moulu.	39.19	60.81
Laine brute.	2.72	97.28

En examinant ces chiffres, on constate une concordance frappante avec les résultats de nos essais. Classés d'après la solubilité de leur matière azotée, le sang, la laine dissoute et le cuir prennent le même rang que celui que nous leur avons attribué d'après les expériences de culture. Il n'en est pas de même pour la laine brute, qui, dans les essais de fermentation, est restée beaucoup en arrière sur le cuir moulu, tandis que, d'après nos recherches, nous devons la placer avant le cuir.

La suite des expériences de M. Stutzer nous expliquera peut-être la cause de cette différence et nous dira si l'essai de fermentation peut réellement servir de critérium pour établir la valeur relative des matières organiques azotées employées comme engrais.

VI

RECHERCHES

SUR

LES GRAINES ORIGINAIRES

DES HAUTES LATITUDES.

RECHERCHES

SUR

LES GRAINES ORIGINAIRES

DES HAUTES LATITUDES(1).

En mars 1875, M. Hagendahl, d'Orebro (Suède), adressa à la Station agricole de Gembloux deux échantillons de graines de *Phleum pratense* et de *Trifolium hybridum*, récoltées en 1874 dans la province d'Orebro, située entre le 58e et le 60e degré de latitude. Le haut état de pureté de ces graines, leur pouvoir germinatif élevé et les résultats avantageux qu'elles nous ont donnés dans les essais de culture faits au jardin d'expériences de la Station agricole nous ont engagé à entreprendre une étude plus étendue sur les graines provenant des pays du Nord. Nous devions nous demander, en effet, d'après les essais faits en 1875, si la qualité supérieure des échantillons examinés était le résultat d'un choix exceptionnellement soigné des graines reçues, s'il s'agissait d'un fait isolé ou, au contraire, si les graines récoltées sous de hautes latitudes possèdent d'une manière générale des qualités spéciales. Cette dernière supposition devenait pour nous de plus en plus probable après l'étude des

(1) Publié dans les Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'*Acad. roy. de Belgique*, t. XXVIII, 1877.



remarquables travaux de MM. Schübeler, Arrhenius, Andersson, Fries et Tisserand sur la végétation dans la Norwège et la Suède, et surtout après la lecture de plusieurs notes publiées en 1858, 1859 et 1860 par M. Ed. Morren dans *la Belgique horticole.* Le savant académicien y constate que les conditions telluriques et climatologiques de la Norwège ont une influence toute spéciale et des plus favorables sur le développement de certaines qualités des fruits.

L'exécution des recherches que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie nous a été beaucoup facilitée par la collaboration d'un ingénieur agricole distingué, M. Zetterlund, actuellement directeur de la Station agricole d'Orebro (Suède); qu'il nous soit permis d'ajouter que M. Zetterlund a séjourné à Gembloux pendant cinq mois dans le but d'étudier l'organisation des stations agricoles belges.

Nous ferons précéder la partie expérimentale de quelques considérations générales pour mieux faire ressortir l'intérêt que peut présenter ce travail, pensons-nous, pour la question du choix des semences.

Un agronome distingué a dit : « On remarquera que des volumes ont été consacrés à l'étude du sol, que des volumes ont été écrits sur les engrais, tandis qu'on ne s'est pas plus préoccupé des semences que s'il s'agissait là d'une chose tout à fait accessoire. » S'il est vrai que la plupart des cultivateurs se contentent d'examiner l'aspect des semences, qu'ils négligent presque toujours, avant de s'en servir, de s'assurer de leur pouvoir germinatif et d'apprécier leur pureté tant au point de vue de la présence de matières inertes qu'à celui de l'existence de graines de mauvaises herbes; s'il est vrai, disons-nous, que les culti-

vateurs méconnaissent, le plus souvent, toute l'importance qui s'attache à la qualité des graines employées comme semences, il y a, par contre, une question appartenant au même domaine qui a attiré leur attention depuis longtemps: c'est celle du renouvellement des semences.

Il n'a pu échapper au cultivateur qu'une espèce végétale donnée, cultivée avec tous les soins désirables pendant plusieurs années dans les mêmes conditions de climat et de sol, change de qualité ; parfois c'est le rendement en poids qui diminue, parfois c'est le développement de la graine qui laisse à désirer ; en un mot, on dit qu'elle *dégénère* et qu'elle ne possède plus, après quelques générations, aucune des qualités qui la distinguaient autrefois et qui lui avaient fait accorder la préférence.

Il est évident que cette dégénérescence n'est pas toujours due à l'influence climatologique seule, qu'elle arrive souvent parce que les procédés de la grande culture ne permettent pas de « concentrer vers la production et la récolte des graines les soins spéciaux que les reproducteurs de choix exigent »; mais il n'en est pas moins vrai que,dans certaines contrées, cette dégénérescence marche rapidement, quels que soient les soins culturaux donnés et les précautions employées. Par contre, on connaît des contrées qui se distinguent par des conditions essentiellement favorables au maintien de la constance des produits, et il existe des terrains, ainsi que M. de Gasparin l'a déjà dit, des situations, des climats où les graines d'une plante acquièrent des qualités supérieures. Ces contrées sont nécessairement devenues des lieux célèbres pour la production des graines; les pays moins favorisés s'adressent à elles lorsqu'un renouvellement de la semence est reconnu urgent. Si l'on admet généralement la nécessité d'un changement périodique de la semence, les opinions sont, au contraire, fort contradictoires lorsqu'on demande quelle est la contrée d'où il faut tirer les graines; s'il faut préférer les pays de plaines aux

contrées montagneuses, une altitude élevée à une altitude faible, une latitude septentrionale à une latitude méridionale, un climat continental à un climat maritime. Si les uns préconisent de tirer les semences, autant que possible, d'une contrée du Nord, d'un pays plus froid et jamais d'une région plus chaude, il en est d'autres qui défendent l'opinion contraire.

Après les recherches bien connues de M. Boussingault sur les sommes de chaleur qu'exigent différentes variétés de céréales pour arriver à maturité complète, expériences qui constituent, pour ainsi dire, les premiers essais entrepris pour donner une solution scientifique à la question qui nous occupe, ce sont surtout les recherches persévérantes de M. Schübeler[1], professeur à l'Université de Christiania, qui ont imprimé de grands progrès à la question du choix des semences. Des expériences des plus variées, répétées pendant de longues années, ont permis à M. Schübeler de tirer les conclusions suivantes :

1. *Lorsqu'on transporte des céréales du Sud au Nord ou des plaines dans des contrées montagneuses, elles se développent dans le même temps, souvent dans un temps plus court qu'auparavant, même sous l'influence d'une température moyenne inférieure. Si les mêmes espèces, après avoir été cultivées plusieurs années dans le Nord, sont rapportées au Sud, ou des pays montagneux dans les pays plats, elles*

---

(1) *Die Pflanzenwelt Norwegens*, von Dr Schübeler; Christiania, 1863 et 1873. Ce travail, imprimé comme programme de l'Université, n'existe qu'en très petit nombre d'exemplaires; mais M. E. Tisserand, inspecteur général de l'agriculture en France, a publié, en 1876, sous le titre: *Mémoire sur la végétation dans les hautes latitudes* (Paris, Bouchard-Huzard), un résumé détaillé et très clair des travaux de M. Schübeler et de ses propres observations faites dans un voyage en Norwège. Un résumé allemand des recherches de M. Schübeler a été publié par M. F. von Thielau (Berlin, Hecht, 1864 et 1876).

mûrissent pendant quelques années plus tôt que les variétés qui n'ont pas changé de lieu de culture.

2. *Lorsqu'on transporte des céréales du Sud au Nord ou des plaines dans des contrées montagneuses, elles augmentent de grosseur et de poids.*

Peu de temps après la première publication de M. Schübeler, ont paru, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg* (1867, n° 7, et 1869, n° 8), deux travaux de M. Linsser, dans lesquels il a étudié les rapports qui existent entre l'époque de certaines phases de la végétation des arbres (développement des premières feuilles, floraison, etc.) et les sommes de chaleur. Ces observations minutieuses ont permis à M. Linsser de tirer des déductions entièrement d'accord avec la première conclusion de M. Schübeler.

A la suite des recherches de M. Schübeler et de M. Linsser, un grand nombre d'essais pratiques ont été entrepris.

M. Krutsch(1), par ses nombreux essais sur l'avoine, confirme d'abord pleinement les observations de M. Schübeler; il insiste surtout sur le point que la latitude et l'altitude coïncident dans la production du même phénomène, constatant ainsi l'exactitude de quelques anciennes observations de M. Koppe(2) et de Liebig(3). Le premier a remarqué, dans ses cultures d'avoine dans le pays de l'Oder, que la semence s'améliore en la transportant de la plaine sur les hauteurs, tandis que Liebig rapporte que l'on préfère de beaucoup, en Angleterre, les graines d'avoine et de trèfle récoltées en pays montagneux. Nous tenons une observation semblable d'un grand propriétaire de la Saxe : les cultivateurs de ce pays estiment tout particulièrement

---

(1) *Chem. Ackersmann*, 1866.
(2) Koppe, *Unterricht im Ackerbau*, 423.
(3) *Les lois naturelles de l'agriculture.* Traduction française, II.

certaines semences provenant des montagnes du Harz. Un fait analogue et entièrement d'accord avec les observations de M. Schübeler a été recueilli par nous tout récemment lors d'un voyage dans le midi de l'Autriche. Dans les environs de Klagenfurt, la capitale de la Carinthie, où la culture du maïs est très répandue, on tire beaucoup de maïs à semence d'une vallée, le Gailthal, peu éloignée de Klagenfurt, mais plus froide et d'une altitude plus élevée; cette pratique est adoptée parce qu'on a observé depuis de longues années que le maïs de cette provenance mûrit plus tôt que celui obtenu sur les lieux mêmes et beaucoup plus tôt que le maïs de Smyrne, qui, tout en donnant des plantes très vigoureuses, fleurit tard et ne mûrit qu'exceptionnellement. De plus, des semences de blé, d'avoine, de seigle et d'orge, tirées du nord de la Norwège et de la Suède et cultivées par M. Tisserand à la ferme de Vincennes, lui ont donné sur les cultures ordinaires des avances considérables; il a vu un blé de cette provenance mûrir vingt-neuf jours avant le blé de mars indigène. La plus grande productivité de certaines graines du Nord, comparée à celle des graines provenant des pays méridionaux, a aussi été constatée par des essais entrepris en 1871 par M. Wolny(1) au champ d'expériences de l'école d'agriculture de Proskau (Silésie). Il a opéré sur différentes variétés de seigle et il a prouvé ainsi par l'expérience scientifique combien l'avis des cultivateurs du centre de l'Allemagne est juste lorsqu'ils préfèrent le seigle et l'avoine du Holstein (Probstei Preetz) aux mêmes graines des contrées méridionales. Les essais faits par M. Blomeyer(2) sur du lin de différentes origines, par M. Prochazko(3) sur du seigle, du froment, de l'orge et de

(1) *Biedermann's Centralblatt*, 1872, p. 174.
(2) Id., 1874, p. 58.
(3) Id., 1874, p. 180.

l'avoine, et les expériences entreprises tout récemment par M. Janowsky[1], directeur de la ferme-école d'Oberhennersdorf (Autriche), ne sont pas moins concluants. Ce dernier expérimentateur a récolté par hectare :

Orge suédoise (de Lulea, 63° latitude), 3360 kilogrammes de graine;

Orge suédoise (autre provenance), 3540 kilogrammes de graine, tandis que le maximum des neuf autres espèces cultivées (allemandes et américaines) fut seulement de 3173 kilogrammes.

Cette plus grande productivité de la graine du Nord est établie aussi pour les essences forestières. M. de Gasparin rapporte dans son *Cours d'agriculture* que la graine de pin de Norwège, transportée en France, donne des arbres beaucoup plus élevés que si l'on emploie celle de pin de Hagenau; d'ailleurs, les graines de *Pinus sylvestris* de Riga se payent sur les marchés français 1,600 francs les 100 kilogrammes, tandis que le prix des graines indigènes n'est que de 860 francs. Nous constatons, pour d'autres graines, les mêmes différences de prix : le *Trifolium pratense* de Bretagne se paye en France 1/4 de plus que la graine des provinces plus méridionales; ce trèfle est, en outre, très estimé en Hongrie et le cultivateur hongrois ne craint pas de dépenser 186 francs pour acheter le trèfle de Bretagne alors que le trèfle indigène lui coûterait 137 à 142 francs. La préférence qu'on donne, en Belgique, en France et en Allemagne, au lin de quelques provinces russes, la Livonie, la Courlande et la Lithuanie, désigné sous le nom générique de lin de Riga, est bien connue. Liebig écrivait déjà en 1840 dans ses *Lois naturelles de l'agriculture,* concernant le lin de Riga : « C'est qu'en effet les conditions telluriques et climatologiques de ces contrées, et notamment un

(1) *Oest. Land. Wochenblatt*, 1876.

été court et chaud, hâtent la floraison et la fructification, et les fleurs, fécondées simultanément et uniformément, produisent des semences mûres et parfaites sous tous les rapports. » Il y a aussi à considérer qu'outre les avantages extérieurs, les cultivateurs de ces pays portent tous leurs soins culturaux vers ce seul but : la production de la graine. Le résultat de cette spécialisation favorisée par des conditions climatologiques avantageuses est que la graine de lin de Riga atteint en Belgique un prix de 75 à 85 francs, tandis que le lin du pays se vend de 59 à 63 francs.

L'importation des semences anglaises en Belgique et en France pour remplacer des blés étrangers augmente considérablement d'année en année. On les préfère au blé d'Odessa et à celui du Caucase, variétés remarquables par leur beauté, mais qui ne supportent pas l'hiver de la Belgique, ni celui du nord de la France. Le blé généalogique de Hallett et le blé Victoria, indigène dans la Colombie, importé sur le continent après avoir été cultivé en Angleterre, sont les espèces cultivées de préférence à la ferme de l'Institut agricole de l'État de Gembloux(1).L'Angleterre tire des graines de l'Amérique du Nord, du Canada et de la Scandinavie ; le Danemark les cherche en Suède, et nous voyons figurer dans les catalogues des principaux marchands de graines de l'Europe le rutabaga de Suède(2), les pois de Södermanland(3) et le trèfle d'Alsike(4). « L'habitude du cultivateur scandinave de tirer les semences d'une situation aussi septentrionale que possible est générale ; la Suède méridionale les cherche dans la province de Nord-

---

(1) *Rapport triennal sur l'Institut agricole de Gembloux*, 1877.

(2) Travestissement du nom suédois *Rotebagge*, pluriel *Rotebagger* (béliers-racines), donné à cette espèce par les paysans de la Westrogothie. Voir *Aperçu de la végétation et des plantes cultivées en Suède*, par le Dr Andersson.

(3) *Södermanland*, province de Suède.

(4) *Alsike*, paroisse dans la province d'Upland.

land, même en Finlande; la Norwège méridionale les tire d'Alten et de Bodö : les districts les plus septentrionaux de la Norwège étant les pourvoyeurs en semences des provinces méridionales, celles-ci renvoient des céréales en échange pour les besoins de la consommation locale (1). »
Nous voyons se passer en Suède ce que nous avons établi plus haut par quelques exemples pour d'autres pays; si le cultivateur de l'Europe centrale paye plus pour les graines importées des pays du Nord, le cultivateur suédois apprécie si bien la supériorité de ses semences, qu'il paye les 100 kilogrammes de trèfle indigène jusqu'à 50 francs plus cher que le trèfle importé d'Allemagne et de Hollande. D'ailleurs, la production des semences est devenue en Suède une spécialité, et déjà en 1872 ce pays exportait (2) :

309,000	pieds cubes	de froment;
104,000	—	de seigle;
2,218,000	—	d'orge;
17,178,000	—	d'avoine.

L'exportation des graines de trèfle d'Alsike (*Trifolium hybridum*), connu à l'étranger sous le nom de trèfle suédois, est considérable (3), et M. Hagendahl, d'Orebro, seul en a fourni en 1875 à l'Allemagne, à l'Angleterre et au Danemark plus de 300,000 kilogrammes.

Les essais de germination et de culture entrepris par nous en 1875 avec des échantillons de ces graines, notamment avec le *Trifolium hybridum* et le *Phleum pratense*, ont, en effet, prouvé l'excellente qualité de cette marchandise.

Semés tous les deux le 29 avril 1875, le *Trifolium*

---

(1) Tisserand, *La végétation dans les hautes latitudes*, p. 35.

(2) *Schweden*, *Weltausstellung in Wien*, 1873. *Statistische Mittheilungen*.

(3) *Ibid*. Partie agricole, par le professeur Arrhenius.

hybridum a levé le 11 mai et fleuri le 25 juillet; le *Thymothy*, ayant levé le 14 mai, était en fleurs le 10 juillet.

Le premier a donné le 30 juillet une première coupe, de 8936 kilogrammes de foin à l'hectare, et le 28 septembre une seconde coupe, de 3008 kilogrammes de foin à l'hectare. Le *Thymothy* nous a fourni le 23 juillet une première coupe, de 3950 kilogrammes, et le 28 septembre une seconde coupe, de 2900 kilogrammes.

En 1868, on a entrepris dans les environs de Stockholm des essais de culture avec des graines de betteraves à sucre de différentes variétés(1). Cultivées en grand sur plusieurs centaines d'hectares, la betterave de Barsebück (Suède méridionale) et la betterave russe ont donné des rendements plus élevés en poids et en sucre que celles, très estimées, provenant de graine de Salzmünde (Allemagne). Les semences de betteraves à sucre récoltées par M. de Scheven, à Berga, qui figuraient à l'Exposition agricole de 1868, ont attiré à juste titre l'attention des étrangers, et des essais de culture ont été tentés ensuite sur différentes parties de l'Europe.

A la suite du développement qu'ont pris, en Suède, la production et l'exportation des semences, l'Académie agricole de Stockholm s'est intéressée à cette question et a mis à l'ordre du jour de sa séance du 15 mai 1876 la question suivante(2) : « Quelles sont les plantes de grande culture qui peuvent être cultivées en Suède, particulièrement dans le but de la production des semences destinées à l'exportation? » D'après l'Académie de Suède, ce sont spécialement toutes les céréales (excepté le blé), toutes les variétés de pois, vesces, haricots, tous les trèfles et graminées des prairies et un bon nombre de graines pota-

---

(1) *Svenskt utsädesfrö Säsom exportartikel af Zetterlund Teknisk Tidskrift*, 1875.

(2) *K. Landbruks Academie*, n° 3, 1876.

gères qui font honneur aux graines d'origine suédoise. Il est probable que l'Académie a fait des réserves pour le blé, surtout à la suite des travaux de M. Haberlandt(1), professeur à Vienne, qu'une longue série d'essais, dont les premiers résultats ont été publiés en 1864, les seconds en 1875(2), a conduit à des conclusions opposées à celles de M. Schübeler.

Suivant M. Haberlandt, les plantes tirées d'une contrée méridionale sont plus précoces que les plantes du Nord. Le froment et le maïs du Midi donnent des rendements supérieurs aux froments et aux maïs des pays septentrionaux sous le rapport tant de la qualité que de la quantité. Il fait ressortir, avec parfaite raison, dans son second travail, l'importance que le climat de chaque contrée doit exercer sur la précocité des plantes et sur les qualités des semences que celles-ci produisent. Il constate, en outre, que les conditions qui déterminent la précocité, telles que la faible hauteur annuelle des eaux de pluie, un printemps court, un été sec, une insolation favorable, peuvent se rencontrer aussi bien dans le Nord que dans le Midi. Cette influence locale des conditions atmosphériques est tellement manifeste, qu'un expérimentateur anglais, M. Russell(3), a constaté, plusieurs années avant les travaux de MM. Haberlandt et Schübeler, que, même dans un pays humide comme l'Angleterre, il existe cependant des contrées qui, sous l'influence d'une atmosphère sèche, d'un sol sec et d'une température relativement basse, hâtent la floraison et la formation de la semence.

Dans le but d'éclaircir par de nouvelles expériences la question de savoir s'il est préférable, lors des changements de semence, de choisir des graines provenant de hautes

---

(1) *Beiträge zur Frage über die Akklimatisation der Pflanzen*, 1864.
(2) *Oest. Land. Wochenblatt*, 1875, p. 3.
(3) *Journal of the Royal agricult. Society of England*, V, XX, 48.

latitudes ou des pays méridionaux, il s'est formé récemment, sur l'initiative du Dr Wittmack, conservateur au Musée agricole de Berlin, une véritable association internationale d'agronomes et de botanistes qui se sont engagés à faire, pendant de longues années et d'après un plan commun, des essais de culture au moyen des mêmes graines récoltées sous différentes latitudes et altitudes. Ces stations d'observation sont établies entre le 43e et le 55e.5 degré de latitude. Des expérimentateurs très habiles, tels que MM. Lawes et Gilbert (Rothamsted), M. Vilmorin (Verrières, France), M. Drechsler (Göttingue, Hanovre), M. Blomeyer (Leipzig, Saxe), M. Pietruzky (Eldena, Prusse), M. Körnicke (Bonn, Provinces rhénanes), etc., ont prêté leur concours à cette entreprise et déjà deux rapports détaillés ont été publiés(1). Les principales conclusions de ces recherches peuvent se résumer ainsi :

1. *Les céréales (en général les végétaux) du Nord cultivées dans l'Europe centrale se développent, pendant la première époque de leur végétation, plus lentement que les plantes indigènes, mais elles ne tardent pas à hâter ce développement et même à prendre l'avance sur ces dernières.*

2. *La loi de De Candolle(2) que, sous la même altitude et latitude, la somme des températures nécessaires pour produire la même phase de végétation est plus élevée dans les contrées occidentales que dans les contrées orientales, s'est confirmée.*

Il résulte de cette loi, spécialement en ce qui concerne les céréales, que :

3. *La durée de la végétation de la même plante céréale*

---

(1) Wittmack, *Bericht über vergleichende Kulturen mit nordischem Getreide. Landw. Jahrbücher* 1875 *und* 1876.

(2) *Sur la méthode des sommes de température appliquées aux phénomènes de végétation.* Bibliothèque de Genève, 1875.

est plus courte dans les contrées orientales que dans les contrées occidentales.

Ce résumé a fait connaître l'état actuel de la question qui nous occupe. Il est évident qu'une expérimentation sérieuse, poursuivie pendant de longues années, permettra seule d'établir les règles définitives à suivre pour le choix entre les différentes localités d'où il faut tirer les semences. Mais, on doit le dire, la question est fort compliquée parce qu'il faut à la fois tenir compte de l'altitude et de la latitude, de la température moyenne, des *maxima* et des *minima*, de l'état hygrométrique de l'atmosphère, surtout pendant les mois où se forme et mûrit la graine. Cette question se complique encore, parce que les différentes espèces végétales paraissent se comporter différemment et que la localité d'origine à choisir doit varier aussi suivant que la culture vise à la production de graines présentant telles ou telles qualités spéciales. C'est ainsi, par exemple, que, pour produire des graines riches en amidon, il faudra peut-être tirer la semence d'une autre contrée que lorsqu'on voudra obtenir les mêmes graines riches en matières protéiques.

Il nous a paru surtout important, pour compléter les *recherches culturales* faites jusqu'à ce jour, de diriger l'attention vers une étude des *graines* provenant de contrées renommées pour cette production. C'est pourquoi nous avons entrepris une étude sur les graines provenant de la Suède; nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie la première partie de ce travail.

Les graines suédoises que nous avons expérimentées proviennent, en partie directement des producteurs, en partie des marchands. Elles sont parvenues à la Station agricole par l'intermédiaire de M. Zetterlund. Les expéditeurs de ces échantillons ignoraient donc le but pour lequel elles étaient recueillies, et l'idée d'une préparation spéciale des graines de la part des producteurs ou des marchands doit, par conséquent, être entièrement exclue.

Les influences manifestes que les conditions climatologiques exercent sur le développement, la maturité et les autres qualités des graines nous ont engagé à nous renseigner aussi exactement que possible sur les localités d'origine. Voici, quant à la situation géographique de ces dernières, quelques renseignements, que nous condenserons ici afin d'éviter des répétitions[1] :

La province	d'Upsala	s'étend de	59°23′ à 60°40′;
—	d'Orebro	—	58°43′ à 60°16′;
—	de Mariestad . . .	—	57°48′ à 59°20′;
—	d'Elfsborg. . . .	—	57°20′ à 59°17′;
—	de Halmstad . .	—	56°20′ à 57°38′;
—	de Christianstad . .	—	55°23′ à 56°32′;
—	de Malmôhus. . .	—	55°20′ à 56°18′.

En suivant la division de M. Fries[2] et de M. Andersson[3], qui partagent la Suède en trois régions, les provinces d'où viennent nos graines appartiennent exclusivement à la région du hêtre et à la région du chêne. Ces deux régions se distinguent par une température beaucoup plus douce que la troisième région, celle des conifères et de l'aune blanc; mais c'est surtout la seconde région (la Suède proprement dite — Svearike) qui est caractérisée,

(1) *Statistik öfer Sverige af Carl af Forselles*, 3.
(2) Fries, *Botaniska Utflygter ;* Stockholm, III.
(3) Andersson, *Aperçu de la végétation et des plantes cultivées, etc.;* p. 41.

d'après M. Andersson, par une température plus égale que les autres. Il nous semble utile d'insister spécialement sur les températures et les quantités de pluie observées dans ces provinces, parce qu'on n'est que trop disposé, vu la latitude boréale et la situation insulaire de la Suède, à lui donner un climat très dur et très humide. En calculant la moyenne des chiffres que M. Andersson (1) indique pour les treize stations météorologiques situées entre 55°43′ et 60°40′ de latitude, nous établirons la température moyenne de l'année pour les provinces qui nous intéressent à 6°34 C , avec une hauteur de pluie (2) de 0m534, tandis qu'elle est, par exemple :

Pour	Bruxelles (3), de. . . .	10°10 C. et de 0m726;
—	le Danemark (4), de .	7°17 C. et de 0m604;
—	Tilsitt (Prusse), de. .	6°38 C. et de 0m592;
—	Munich, de	9°10 C. et de 0m860;
—	Paris, de	10°80 C. et de 0m530.

Mais, pour le but que nous avons en vue, c'est-à-dire nous rendre compte des conditions climatologiques sous l'influence desquelles se sont formées les semences examinées, il est assurément plus intéressant d'établir ces chiffres pour les mois pendant lesquels cette phase de la vie végétale s'accomplit et de comparer ces données à celles d'autres contrées.

(1) Andersson, p. 12.
(2) Sweden, *Statistische Mittheilungen von Dr Seidenbladh*, p 7.
(3) Houzeau, *Patria Belgica*, I.
(4) *Femaarsberetning fradet Kongelige Landhusholdningsselskabs*, Ad. Poullacour ; Copenhague, 1872.

	Suède. — Moyenne des provinces citées.	Paris. —	Bruxelles. —	Gembloux (1). —
Température moyenne de juin.	14°7 C.	. . .	17°2 C.	. . .
— juillet.	16°6	. . .	18°2	. . .
— août.	15°3	. . .	17°8	. . .
— septembre.	12°0	. . .	14°8	. . .
Hauteur de pluie en mm., juin.	51.4	61	61	47
— juillet.	57.4	69	69	45
— août.	65.3	51	80	64.5
— septembre.	62.3	51	60	63.6
TOTAUX. . .	236.4	232.0	270.0	220.1

La marche que nous avons adoptée dans cette étude est celle que l'on suit toujours au laboratoire de la Station agricole pour l'examen des graines; elle consiste dans les opérations suivantes :

1. *Pureté des graines.* — Suivant la grosseur de l'espèce de semence, on pèse 15 à 50 grammes de graines, on les étale sur un papier glacé et, à l'aide d'une loupe montée sur un porte-loupe, d'une pince et d'une petite spatule ou d'un pinceau pour les parties les plus fines, on sépare toutes les substances qui n'appartiennent pas véritablement à l'espèce dont il s'agit et consistant principalement en matières terreuses, sable, poussières de toute nature, pailles, balles, débris organiques de toute sorte, graines de mauvaises herbes, et sous cette dernière dénomination nous comprenons toutes les graines autres que l'espèce dont on s'occupe. On recueille ces matières étrangères ainsi classées dans de petites capsules en porcelaine tarées et on détermine, par conséquent :

La quantité de graines pures . . pour 100 grammes de l'échantillon;
— de graines étrangères id. id.;
— de sable et matières terreuses id. id.;
— de débris organiques id. id.

(1) *Pluviomètre du jardin d'expériences de la Station agricole.* Moyennes de 1874, 1875 et 1876.

Les graines étrangères isolées donnent lieu à un examen tout spécial, en vue d'établir leur caractère, c'est-à-dire de fixer l'espèce botanique à laquelle elles appartiennent. En effet, le danger qu'offre la présence des graines de *cuscute* dans les semences de trèfle, de lin et autres, est considérable; certains champignons (*Uredo*, *Ustilago*, etc.), dont les spores adhèrent aux graines, produisent des effets désastreux sur nos céréales et même plusieurs plantes toxiques peuvent se propager par suite de la présence de leurs graines dans les semences.

2. *Poids absolu des semences, poids spécifique et poids d'un certain volume.* — On pèse mille graines pures pour obtenir le poids moyen d'une seule graine. De nombreuses recherches ont établi l'influence que la grosseur, c'est-à-dire la masse plus ou moins grande de la graine, exerce sur la plante qui en résulte. Les graines plus pesantes fournissant un produit plus abondant que les graines légères, le poids moyen absolu d'une graine est devenu un facteur précieux dans l'appréciation de la qualité des semences.

Nous n'avons pas cru nécessaire de fixer la densité des graines. On a attaché pendant longtemps à ce point une importance notable parce qu'on a cru pouvoir en tirer des conclusions sur la composition chimique d'où dérive la valeur nutritive et culturale. Une considération théorique prouve cependant que cette relation ne peut pas exister. Les densités des différentes matières qui composent une graine varient considérablement[1] et une augmentation ou une diminution du titre en matières minérales, par exemple,

---

(1)

Amidon . . .	1.53	Légumine . . .	1.285 à 1.360
Sucre	1.60	Gluten	1.297
Cellulose	1.53	Matières minérales	2.500
Huiles essentielles .	0.76 à 1.09	Eau	1.000
Matières grasses .	0.91 à 0.96	Air atmosphérique	0.00129

NOBBE, *Handbuch der Saamenkunde*, p. 313.

influe beaucoup plus sur la densité d'une graine qu'une augmentation ou une diminution du titre en amidon ou en graisse. Les essais entrepris par M. Nobbe sur dix variétés de froment, par M. Marck[1] sur des haricots, des pois, du lin et du colza, prouvent à l'évidence que la densité d'une graine ne révèle aucune indication de quelque valeur sur la composition chimique. Le même défaut de rapport existe aussi entre le poids d'un certain volume (hectolitre) et la composition chimique. M. Alex. Muller[2] a constaté qu'une orge pesant 68.1 kilogrammes à l'hectolitre possédait le même titre en azote qu'une orge qui, pour une égale capacité, ne pesait que 43.2 kilogrammes, et M. Grandeau[3], dans une étude récente et basée sur l'analyse complète de dix-neuf variétés d'avoine, est arrivé aux mêmes conclusions.

Si, néanmoins, nous avons fixé le poids de l'hectolitre pour un certain nombre de graines examinées, c'est parce que cette indication possède une certaine valeur non pour l'appréciation de la composition chimique de la graine, mais au point de vue de la destination des graines à la culture. Il est prouvé que le poids absolu moyen des graines augmente avec le poids de l'hectolitre; or, nous avons vu plus haut que la grosseur des graines exerce une influence favorable sur la production.

3. *Pouvoir germinatif.* — Lorsqu'il s'agit d'apprécier la qualité d'un échantillon de semences, il faut fixer, outre son degré de pureté, son pouvoir germinatif. Le développement plus ou moins parfait de la graine, sa maturité plus ou moins complète à l'époque de la récolte, les conditions dans lesquelles celle-ci a eu lieu, les soins donnés au

---

(1) *Landw. Zeitung für Westfalen*, 1875, n° 45.
(2) Nobbe, *Handbuch der Saamenkunde*, p. 323.
(3) *Journal d'agriculture pratique*, juin 1876.

nettoyage et à la conservation, l'âge et parfois la nature de la préparation artificielle qu'on lui a fait subir, sont autant de facteurs qui influent sur le pouvoir germinatif. Si on considère que le pouvoir germinatif de trois cent soixante-cinq échantillons de *Trifolium pratense* examinés par M. Nobbe varie de 7 à 99 p. c., celui de quatorze échantillons de *Pinus sylvestris* de 0 à 88 p. c., que, dans une série d'échantillons de graines de betteraves que nous avons examinés, le nombre de fruits germés varie de 27 à 97 p. c. et le nombre de germes obtenus pour cent fruits varie de 44 à 415, il nous semble inutile d'insister davantage sur l'importance que présente l'essai des semences pour se renseigner sur leur faculté germinative.

Il est heureux que l'agriculture dispose maintenant, dans le germinateur de Nobbe[1], d'un appareil facilement maniable et présentant de sérieux avantages au point de vue du milieu dans lequel s'exécutent habituellement les essais de ce genre; ainsi :

1. La germination se fait dans l'obscurité complète.
2. Les semences se trouvent entièrement isolées les unes des autres.
3. Toutes les phases de la germination peuvent être observées facilement en enlevant le couvercle de l'appareil. Les semences ayant germé sont commodément enlevées sans aucun dérangement pour celles qui restent.
4. Le renouvellement de l'air se fait facilement.
5. L'argile, dont l'appareil est construit, une fois imbibée, laisse évaporer l'eau très lentement; il est donc facile

---

(1) Voir dessin et description détaillée dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, nº 6 (avril 1875).

Les nombreux appareils de germination qui ont été « inventés » depuis la construction de l'appareil si simple de M. Nobbe en sont des contrefaçons plus ou moins heureuses.

d'entretenir un degré uniforme d'humidité à l'intérieur de l'appareil.

6. La température est facile à observer et à régler.

Nous avons placé six de ces appareils dans une armoire en bois ouverte d'un côté; ils reposent sur un bain de sable recouvrant une plaque en tôle de fer que l'on peut chauffer à l'aide de petites lampes à alcool, de manière à maintenir la température entre 15 et 22° C.; ce n'est que pendant des froids rigoureux que nous avons recours à ce moyen, car, d'ordinaire, la température du local varie dans les limites indiquées.

Pour se servir de l'appareil, on commence par choisir deux cents graines pures, si elles sont petites, ou seulement cent, si elles sont grosses; on les laisse macérer pendant douze heures dans l'eau distillée, afin de faciliter l'imprégnation du péricarpe; on les place ensuite dans le lit du germinateur. Tous les matins, à la même heure, on enlève les graines germées et on continue l'essai pendant une période de dix jours pour les graines de graminées et de papilionacées, et pendant vingt et un jours pour les abiétinées. Chaque essai de germination est répété deux fois et l'on en prend la moyenne. Les graines non germées qui restent dans l'appareil sont examinées soigneusement. On compte le nombre de celles qui sont pourries (ce sont presque toujours des graines vides) et de celles qui sont restées dures; sous cette dernière dénomination, on comprend toutes celles qui ne montrent aucun signe extérieur de germination et qui ne sont même pas gonflées. La section transversale des graines dures, dont le nombre est d'ailleurs très faible dans les semences de bonne qualité, laisse souvent voir un endosperme bien développé et un embryon parfaitement conservé. Il y a donc lieu de supposer, et l'expérience l'a d'ailleurs démontré, qu'un certain nombre de ces graines peuvent encore germer; les stations

de contrôle des semences en Allemagne et en Danemark considèrent la moitié des graines restées dures comme capables de germer; on ajoute le chiffre ainsi obtenu à celui des graines germées dans l'appareil et l'on obtient le pouvoir germinatif de cent graines. Nous avons suivi leur exemple afin d'obtenir des chiffres comparables.

I. — TRIFOLIUM. –

A. — POUVOIR GER

N° d'ordre.	ESPÈCES	PROVENANCE.	DE 100 GRAINES PURES 1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.
1	Trifolium pratense.	Dr M. Upsala. C(*)	48(1)	24	12	10	4
2	—	A. H. Orebro. M.	32	55	6	3	1
3	—	A. S. Elfsborg. C.	45(2)	25	15	12	-
4	—	L. D. Angleterre. M.	9	59	22	5	2
5	—	L. V. Angleterre. M.	»	43	17	16	17
6	—	B. R. Belgique. C.	»	62	25	»	»
7	—	L. G. Belgique. C.	4	70	5	2	»
8	—	L. G. France. C.	37	51	2	2	»
9	—	L. G. France. C.	29	58	6	1	»
10	—	L. G. France. C.	29	63	2	1	1
11	Trifolium hybridum.	Dr M. Upsala. C.	40	37	17	2	»
12	—	A. H. Orebro. M(3).	»	»	80	4	»
13	—	A. H. Orebro. M.	25	70	1	1	»
14	—	A. F. Allemagne. C.	4	10	11	5	6
15	Trifolium repens.	A. F. Elfsborg. A.	46	30	12	6	1

(*) Les lettres C ou M, qui suivent les noms, indiquent si le fournisseur de la semence

ÈFLE.

ATIF.

GERMÉ PENDANT LE 6e jour.	7e jour.	8e jour.	9e jour.	10e jour.	TOTAL DES GRAINES germées.	pourries.	restées dures.	POUVOIR germinatif.	OBSERVATIONS.
»	»	»	»	»	98	»	2	99.0	(1) L'énergie de la germination est telle, qu'un bon nombre de graines ont germé pendant les douze heures de macération dans l'eau.
»	»	»	»	»	97	»	3	98.5	
»	»	»	»	»	97	»	3	98.5	(2) Id.
»	»	»	»	»	97	1	2	98.0	
4	»	»	»	»	97	1	2	98.0	
»	»	»	»	»	87	2	11	92.5	
1	»	»	»	»	82	3	15	89.5	
»	»	»	»	»	92	4	4	94.0	
»	»	»	»	»	94	3	3	95.5	
»	»	»	»	»	96	1	3	97.5	
»	»	»	»	»	96	1	3	97.5	
»	»	»	»	»	84	6	10	89.0	(3) C'est l'échantillon qui a servi à l'expérience de culture dont nous avons parlé plus haut.
»	»	»	»	»	97	»	3	98.5	
7	3	»	10	4	60	35	5	62.5	
»	»	»	»	»	95	3	2	96.0	

teur ou marchand.

I. — TRIFOLIU[M]

B. — PURETÉ. — VAL[...]

N° d'ordre	ESPÈCES.	PROVENANCE.	100 GRAMMES renferment : sable.	paille.	graines étranger.	GRAINES pures
1	Trifolium pratense.	Dr M. Upsala. C(*).	0.13	0.01	4.56	95.30
2	—	A. H. Orebro. M.	traces	traces	0.82	99.18
3	—	A. S. Elfsborg. C.	traces	traces	0.82	99.18
4	—	L. D. Angleterre. M.	1.98	»	0.79	97.23
5	—	L. V. Angleterre. M.	0.56	»	2.69	96.75
6	—	B. R. Belgique. M.	0.82	»	5.30	93.88
7	—	L. G. Belgique. C.	0.56	traces	6.23	93.21
8	—	L. G. France. C.	1.23	traces	8.56	90.21
9	—	L. G. France. C.	0.82	0.20	2.68	96.30
10	—	L. G. France. C	3.17	»	7.83	89.00
11	Trifolium hybridum.	Dr M. Upsala. C.	0.24	»	12.01	87.75
12	—	A. H. Orebro. M.	0.73	»	3.10	96.17
13	—	A. H. Orebro. M.	»	»	1.88	98.12
14	—	A. F. Allemagne. C.	0.98	0.20	5.65	93.17
15	Trifolium repens.	A. F. Elfsborg. C.	0.50	»	4.20	95.30

(*) Les lettres C ou M qui suivent les noms indiquent si le fournisseur de la semen[ce...]

FLE.

[?]RALE. — POIDS.

PARMI [..]ES GRAINES ÉTRANGÈRES prédominent :	VALEUR culturale (1).	POIDS de mille graines. (2)	POIDS de l'hect. non tassé. (3)	POIDS de l'hect. tassé.	OBSERVATIONS.
		gramm.	kilogr.	kilogr.	
Phleum pratense; Rumex acetosella; point de cuscute.	94.3	1.8540	83.17	85.82	(1) La valeur culturale d'une graine s'obtient d'après la formule : $V = \frac{P \times G}{100}$, où P indique la pureté et G le pouvoir germinatif. C'est l'expression de la valeur culturale d'un échantillon réduit à la forme la plus simple et la plus pratique. Les stations de contrôle de semences en Allemagne emploient l'expression « Gebrauchswerth ».
Point de cuscute.	97.7	1.8050	»	»	
Point de cuscute.	97.7	1.8050	»	»	
Point de cuscute.	95.3	»	»	»	
Point de cuscute.	94.8	»	»	»	
[P]lantago lanceolata; Plantago media; Rumex acetosella.	86.8	»	»	»	(2) Nous avons montré, page 203, l'intérêt que présente la connaissance du poids absolu des graines. Afin d'éviter les fractions trop longues, il vaut mieux donner le poids de mille graines que celui d'une seule.
[T]res peu de cuscute.	83.4	1.8582	»	»	
[P]hleum pratense; Plantago lanceolata; beaucoup de cuscute.	84.8	1.7056	»	»	
[T]rès peu de cuscute.	91.9	1.8123	»	»	(3) Nous avons exécuté ce dosage seulement lorsque nous avions assez de graines pour pouvoir peser 1/4 de litre. En prenant un volume plus petit, on s'expose à de trop fortes erreurs lorsqu'on ramène les chiffres au poids de l'hectolitre. Le vase a été rempli en laissant couler les graines librement sans les tasser. *Voir* surtout les tableaux suivants.
[P]eu de cuscute.	86.8	1.5974	»	»	
[R]umex acetosella; Rumex acetosa; Phleum pratense.	85.6	0.6830	»	»	
[P]lantago lanceolata; point de cuscute.	85.6	0.6800	»	»	
[P]oint de cuscute.	96.6	0.6800	»	»	
[P]eu de cuscute.	58.2	0.5650	»	»	
[P]oint de cuscute.	91.5	0.5650	»	»	

[..]ur ou marchand.

En examinant les chiffres des deux tableaux precédents et en calculant les résultats moyens obtenus pour les divers échantillons de la même espèce et de la même origine et en les comparant ensuite aux chiffres obtenus par d'autres expérimentateurs, nous pouvons nous résumer de la manière suivante :

1. — TRIFOLIUM PRATENSE.

		PURETÉ.	POUVOIR germinatif.	VALEUR culturale.	POIDS de 1000 graines.	POIDS de l'hectolitre.	OBSERVATIONS.
Station de *Gembloux* :	Trèfle suédois .	97.9	98.6	96.5	1.8415	83.17	
	Trèfle anglais .	97.0	98.0	95.1	»	»	
	Trèfle belge et français . . .	92.5	93 8	86.8	1 7434	»	
Station de *Tharand* (¹) :	Trèfle d'origine diverse.	95.5	82 0	78.3	1.5990	»	
Station de *Kiel* (²) :	Trèfle d'origine diverse.	95.0	89.0	84.6	1.7857	83.00	Trèfle américain, français et des provinces rhénanes.
Station de *Copenhague* (³) :	Trèfle suédois .	»	95.0	»	»	»	
	Trèfle de Styrie.	»	93.0	»	»	»	
	Trèfle de Silésie	»	90.0	»	»	»	
	Trèfle d'Allemagne.	»	88.5	»	»	»	

2. — TRIFOLIUM HYBRIDUM.

	PURETÉ.	POUVOIR germinatif.	VALEUR culturale.	POIDS de 1000 graines.	POIDS de l'hectolitre.	OBSERVATIONS.
Station de *Gembloux* : Trèfle suédois . . .	94.0	95.0	89.3	0.6815	»	
Station de *Tharand* : Trèfle d'origine diverse.	91.5	61.0	55.8	0.6280	»	
Station de *Kiel* : Trèfle d'origine diverse . .	95.0	79.0	75.0	0.6890	»	
Station de *Copenhague* (4) : Trèfle suédois .	»	87 0	»	»	»	
Station de *Copenhague* (4) : Trèfle danois. .	»	79 5	»	»	»	
M. Londet (5) : Trèfle français	»	»	»	0.3937	»	

(1) *Handbuch der Säamenkunde* von Nobbe; Berlin 1876.
(2) *Landwirthschaftliche Hefte von Christian Janssen;* Bulletin de la Station de Kiel, 1876.
(3) *Meddeleser tit Deltagernei Faellezindkgobert* ; Kjobenhaon, 1873.
(4) On lit dans le compte rendu de la Station de *Copenhague* : Le trèfle hybride provenant de Suède est d'une qualité excellente relativement à celui de Danemark et d'Allemagne.
(5) *Annales agronomiques*, octobre 1875.

Il résulte de l'examen des précédents tableaux que les graines de trèfle rouge et de trèfle hybride d'importation directe de Suède se distinguent des graines d'autre origine par leur pureté et leur pouvoir germinatif et, conséquemment, par une valeur culturale plus élevée; en outre, le poids absolu des graines suédoises est, en moyenne, plus fort que celui des graines d'autre provenance, ce qui constitue, comme nous l'avons vu plus haut, un avantage incontestable. Mais il existe encore quelques points spéciaux qui méritent d'être signalés. Lorsqu'on examine le tableau de la page 208, on remarque que les graines suédoises sont exemptes de *cuscute*. Ce dangereux parasite (*Cuscuta trifolii*) se rencontre très fréquemment dans les échantillons de graines de trèfle du commerce; sur trois cent trente-six échantillons examinés par M. Nobbe, il n'y en avait que cent quarante-cinq exempts de cuscute; le reste des échantillons comptait, en moyenne, mille quatre cent nonante-neuf graines de cuscute par kilogramme [1]. L'absence complète des graines de cuscute dans les sept échantillons suédois de trèfle que nous avons examinés est moins, croyons-nous, l'effet d'un criblage soigné que de la rareté des cuscutées dans les cultures suédoises; il n'y a, du reste, guère moyen de séparer par criblage la graine de cuscute du trèfle hybride. Les cuscutées aiment, en effet, les régions chaudes et tempérées [2], leur fréquence doit donc diminuer en montant vers le Nord. M. Arrhenius [3] considère les cuscutées comme des plantes importées en Suède par les graines de trèfle étranger et elles y sont encore tellement rares, que M. Thegerström, botaniste suédois, a dû chercher dans les environs de Stockholm et

(1) J'ai examiné des échantillons de trèfle de Bretagne renfermant jusqu'à trois cents graines de cuscute par kilogramme. (*Note de la seconde édition.*)

(2) *Botanique de Bellynck;* Bruxelles, 1876.

(3) *Handboh i Svenska-Yordbruket*, II, p. 295.

dans la province de Sodermanland pendant deux années avant de découvrir une plante de *Cuscuta trifolii.* Nous trouvons une confirmation de ces observations dans le fait que tous les échantillons de trèfle rouge du Holstein examinés à la station de Kiel étaient également exempts de cuscute; deux échantillons de trèfle rouge anglais examinés par nous n'en renfermaient pas non plus.

Le tableau n° I, page 208, nous fournit encore une observation intéressante. Jusqu'à présent, nous n'avons tenu compte que de la totalité des graines germées dans la période de dix jours; mais, en examinant les colonnes de chaque jour, nous remarquons qu'il existe pour les graines d'origine diverse des différences notables entre le nombre des graines ayant germé pendant la première période de vingt-quatre heures. C'est ainsi que le nombre moyen des graines de trèfle rouge suédois ayant germé pendant les premières vingt-quatre heures est de quarante-deux, celui des graines belges et françaises de seize; cette différence de célérité dans la germination des graines suédoises se montre encore d'une manière plus frappante dans l'examen des chiffres concernant le *Phleum pratense* et le *Pinus sylvestris* (voir plus loin). Toutes les graines, sauf quelques exceptions que l'on trouve indiquées dans les tableaux, avaient cependant le même âge.

II. — PHLEUM

A. — POU

N° d'ordre.	PROVENANCE.	DE 100 GRAINES PURES ONT GE 1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.	6e jour.	7e jour.	8e jour.
16	Dr M. Upsala. C (*).	»	»	2	69	24	4	»	»
17	A. H. Orebro. M.	»	»	81	16	»	»	»	»
18	A. H. Orebro. M.	»	»	90	7	2	»	»	»
19	A. L. Elfsborg. C.	»	»	76	20	2	»	»	»
20	A. P. Elfsborg. C.	»	»	62	28	6	1	»	»
21	G. de Sch. Elfsborg. C	»	32	66	1	1	»	»	»
22	A. S. Elfsborg. C.	»	36	54	6	4	»	»	»

B. — PURETÉ. — VA

N° d'ordre.	PROVENANCE.	100 GRAMMES renferment : sable.	paille.	graines étrangér.	GRAINES pures.	PARMI LES GRAINES ÉTRANGÈRES prédominent :
16	Dr M. Upsala C.	0.12	0.48	2.73	96.97	Rumex acetosella, Plantago media, Plantago lanceolata, Trifolium hybridum, Chenopodium.
17	A. H. Orebro. M	»	»	0.37	99.63	
18	A. H. Orebro. M.	»	»	0.28	99.72	
19	A. L. Elfsborg. C.	0.14	4.39	2.98	92.49	
20	A. P. Elfsborg. C.	0.08	1 15	1.80	96.97	
21	G. de Sch. Elfsborg C.	0.06	1.17	3.73	95.04	
22	A. S. Elfsborg. C.	»	0 34	0.62	99.04	

(*) Les lettres C ou M qui suivent les noms indiquent si le fournisseur de la semence

NSE (THYMOTHY).

MINATIF.

DANT LE 9e jour.	10e jour.	TOTAL DES GRAINES germées.	pourries.	restées dures.	POUVOIR germinatif.	OBSERVATIONS.
»	»	99	»	1	99.5	
»	»	97	»	3	98.5	
»	»	99	1	»	99.0	C'est l'échantillon qui a servi à l'essai de culture dont nous avons parlé page 197.
»	»	98	»	2	99.0	
»	»	97	2	1	97.5	
»	»	100	»	»	100.0	
»	»	100	»	»	100.0	

LTURALE. — POIDS.

VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	de l'hectolitre non tassé.	de l'hectolitre tassé.	OBSERVATIONS.
	grammes.	kilogr.	kilogr.	
96.19	0.5110	»	»	
98.14	»	»	»	
98.72	0.4980	»	»	
91.57	0.5240	53.77	59.75	
94.55	0.5156	56.37	62.61	
95.04	0.4570	56.53	64.78	
99.04	0.6620	59 46	68.04	

tivateur ou marchand.

Lorsqu'on calcule les moyennes des résultats obtenus à l'aide des divers échantillons suédois de *Phleum pratense* et lorsqu'on les compare, ainsi que nous l'avons fait pour les graines de trèfle, aux moyennes obtenues pour les graines d'une autre origine, on arrive aux chiffres suivants :

PHLEUM PRATENSE.

	PURETÉ.	POUVOIR germinatif.	VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	POIDS de l'hectol.
Stations de *Gembloux* : Phleum suédois . .	97.1	99.1	96.2	0.5279	56.5
Stations de *Tharand* : Phleum d'origine diverse .	94.1	82.0	77.2	0.4090	»
Stations de *Kiel* : Phleum d'origine diverse .	96.0	96.0	92.2	0.4081	55.5

Les conclusions à tirer de ce petit tableau sont identiquement les mêmes que celles obtenues pour le trèfle; les graines de *Thymothy* directement importées de Suède se distinguent des graines d'autre origine par leur pureté et leur pouvoir germinatif, donc par une valeur culturale plus élevée; leur poids absolu moyen est plus fort que celui des graines d'autre provenance, et l'énergie avec laquelle s'effectue l'acte de la germination est telle, que l'embryon de plus de 70 p. c. de la totalité des graines germées a percé l'enveloppe protectrice dans trois fois vingt-quatre heures, tandis que M. Nobbe indique, pour ses essais avec la phléole d'origine diverse, qu'il lui a

fallu, en moyenne, quatre jours pour en faire germer une proportion supérieure à 50 p. c.

Outre les semences appartenant à la famille des papilionacées et des graminées, nous avons encore expérimenté sur un certain nombre de semences d'abiétinées. C'est le résultat de ces dernières recherches que l'on trouve dans les tableaux suivants :

III. — AB

A. — POUR

N° d'ordre.	ESPÈCES.	PROVENANCE.	DE 100 GRAINES P						
			1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.	6e jour.	7e jour.
23	Pinus sylvestris.	Insp. O. Elfsborg. C(*).	»	2	2	2	21	18	17
24	—	Dir. H. Sp. Elfsborg. C.	»	»	»	»	»	»	»
25	—	G. de Sch. Elfsborg. C	»	3	12	23	31	6	»
26	—	A. S. Elfsborg. C.	»	3	12	37	18	5	»
27	Picea vulgaris.	Insp. O. Elfsborg. C.	»	3	4	16	14	17	»
28	—	Dir. H. Sp. Elfsborg. C.	»	»	»	»	»	»	»
29	—	A J. Elfsborg M.	»	»	»	»	»	7	»
30	Pinus sylvestris.	B. C Allemagne. C.	»	»	»	»	»	»	42
31	—	B. C. Allemagne. C.	»	»	»	»	11	9	9
32	—	F. D. Allemagne. C.	»	»	»	»	»	»	»

(*) Les lettres C ou M qui suivent les noms indiquent si le fournisseur de la semen

NÉES.

MINATIF.

GERMÉ PENDANT LE 8ᵉ jour.	9ᵉ jour.	10ᵉ jour.	12ᵉ jour.	14ᵉ jour.	16ᵉ jour.	18ᵉ jour.	21ᵉ jour.	TOTAL DES GRAINES germées.	pourries.	restées dures.	POUVOIR germinatif.	OBSERVATIONS.
9	»	»	8	7	4	»	»	90	»	10	95.0	
2	6	»	20	10	10	6	»	54	»	46	77.0	Deux ans d'âge.
7	»	»	4	1	1	»	»	88	»	12	94.0	
»	»	8	2	6	2	2	»	95	»	5	97.5	
11	5	7	»	1	1	»	»	79	»	21	89.5	
»	»	9	55	13	3	4	3	87	»	13	93.5	Deux ans d'âge.
8	»	4	4	3	»	»	»	26	14	60	56.0	Deux ans d'âge.
»	4	»	2	10	10	»	»	68	»	32	84.0	
6	10	»	22	12	2	3	»	84	16	»	84.0	
»	»	2	1	6	10	8	15	42	20	38	61.0	

teur ou marchand.

III. — AI

B. — PURETÉ. — VALE

Nº d'ordre.	ESPÈCES.	PROVENANCE.	100 GRAMMES renferment : sable.	paille.	graines étrangèr.	GRAINES pures.
23	Pinus sylvestris.	Insp. O. Elfsborg C.(*)	0 75	0.07(¹)	»	99.18
24	—	Dir. H. Sp. Elfsborg. C.	0.56	3.18	»	96 26
25	—	G. de Sch. Elfsborg. C.	0.08	0.48	»	99.44
26	—	A. S. Elfsborg. C.	0.29	3.74	»	95.97
27	Picea vulgaris.	Insp. O. Elfsborg. C.	0.12	0.88	»	99.00
28	—	Dir. H. Sp. Elfsborg. C.	0.62	2.23	»	97.15
29	—	A. J. Elfsborg. M.	0.95	3.63	»	95.42
30	Pinus sylvestris.	B. C. Allemagne. C	»	2.40	»	97.60
31	—	B. C. Allemagne. C.	»	»	»	»
32	—	F. D. Allemagne. C.	14.07	»	»	85.93

(*) Les lettres C ou M qui suivent les noms indiquent si le fournisseur de la semence

tes.

URALE. — POIDS.

VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	POIDS de l'hectolitre non tassé.	POIDS de l'hectolitre tassé.	OBSERVATIONS.
	grammes.	kilogr.	kilogr.	
94.22	5.124	51.08	56.21	(1) Sous la dénomination *paille*, nous désignons les débris des ailes auxquelles les graines sont attachées.
74.12	4.338	45.27	»	
93.47	4.714	51.35	56.14	
93.57	5.796	49.31	56.17	
88.61	5.111	54.72	56.71	
90.84	5.925	»	60 37	
53.44	5.798	48.29	55.68	
81.98	»	»	»	
»	»	»	»	
52.42	»	»	»	

...teur ou marchand.

En calculant les moyennes des chiffres des tableaux précédents et en les comparant aux résultats constatés pour des graines d'autre origine, nous pouvons dresser le tableau suivant :

PINUS SYLVESTRIS.

		PURETÉ.	POUVOIR germinatif.	VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	POIDS de l'hectol.
					gramm.	kilogr.
Station de *Gembloux :*	Pinus suédois. . .	97.7	90.9	**88.8**	4.9930	49.3
	Pinus allemand . .	91.7	76.3	**70.0**	»	»
Station de *Tharand :*	Pinus d'origine diverse	97.4	40.0	**39.0**	»	»

PICEA VULGARIS.

		PURETÉ.	POUVOIR germinatif.	VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	POIDS de l'hectol.
Station de *Gembloux :*	Pinus suédois. . .	97.2	79.7	**77.47**	6.2780	51.5
Station de *Tharand :*	Pinus d'origine diverse	97.0	42.0	**40.7**	»	»

L'excellente qualité des graines de *Pinus* et de *Picea* d'origine suédoise résulte à l'évidence de ces tableaux. Les chiffres de la valeur culturale 88.8 pour le *Pinus* et 77.47 pour le *Picea* seraient même encore plus élevés si nous avions exclu les graines de deux ans d'âge du calcul de la moyenne. L'énergie de la germination, telle que nous l'avons constatée plus haut pour les trèfles et la phléole des pays du Nord, a été observée aussi pour ces deux essences forestières. La germination des graines suédoises de *Pinus sylvestris* a commencé le second jour (un échantillon fait exception, mais il avait deux ans d'âge, voir tableau III, page 126); par contre, elle a commencé

pour les graines allemandes examinées par nous vers le cinquième jour et pour les graines d'origine diverse analysées par M. Nobbe également après quatre à cinq jours.

Nous ajoutons à ces recherches sur les graines de trèfle, de phléole, de *Pinus* et de *Picea*, une série d'expériences sur l'avoine, le seigle et le froment. Les échantillons de céréales étant cependant encore peu nombreux, nous ne donnons les résultats de ces essais qu'à titre de renseignements, sans en tenir compte dans les conclusions générales à tirer de nos recherches.

IV. — CÉRÉAI

Nº d'ordre.	ESPÈCES.	PROVENANCE.	DE 100 GRAINES F				
			1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.
33	Avoine noire	C.B. Mariestad. M.	»	7	28	21	18
34	Avoine blanche	—	»	9	10	29	21
35	Seigle d'été	H. Sp. Elfsborg. C.	3	31	47	11	5
36	Seigle d'hiver	C.B. Mariestad. M.	8	73	11	2	5
37	Froment d'hiver	C.B. Mariestad. M.	»	19	29	22	14
38	— d'hiver	A. S. Elfsborg. C.	4	12	31	23	16
39	— roux non velouté. H(*).	Belgique (1).	»	»	»	»	»
40	— petit roux. H. .	Id.	»	»	»	»	»
41	— blanc. H. . .	Id.	»	»	»	»	»
42	Goldendrop. H. . . .	Id.	»	»	»	»	»
43	Chiddam. H.	Id.	»	»	»	»	»
44	Froment roux du Brabant. H.	Id.	»	»	»	»	»
45	— anglais velouté. H. .	Id.	»	»	»	»	»
46	Hallett's pédigrée. H. . . .	Id.	»	»	»	»	»
47	Froment d'Odessa. H. . . .	Id.	»	»	»	»	»
48	— roux des Flandres. H.	Id.	»	»	»	»	»
49	— roux indigène. H. .	Id.	»	»	»	»	»
50	— de Pologne. H. .	Id.	»	»	»	»	»
51	— d'Écosse. E. . . .	Id.	»	»	»	»	»
52	— à barbe. E. . . .	Id.	»	»	»	»	»

(*) Les lettres H ou E, qui suivent les noms des espèces, indiquent s'il s'agit d'un

— POUVOIR GERMINATIF.

GERMÉ PENDANT LE 6e jour.	7e jour.	8e jour.	9e jour.	10e jour.	TOTAL DES GRAINES germées.	pourries.	restées dures.	POUVOIR germinatif.	OBSERVATIONS.
6	5	4	3	»	92	»	8	96.0	
11	»	4	»	2	86	4	10	91.0	
2	»	»	»	»	94	4	2	95.0	
»	»	»	»	»	99	1	»	99.0	
6	3	»	»	»	93	»	7	96.5	
»	»	»	»	»	86	»	14	93.0	
»	»	»	»	86	86	»	14	93.0	
»	»	»	»	88	88	12	»	88.0	
»	»	»	»	52	52	»	48	76.0	
»	»	»	»	86	86	2	12	92.0	
»	»	»	»	88	88	12	»	88.0	
»	»	»	»	88	88	»	12	94.0	
»	»	»	»	92	92	8	»	92.0	
»	»	»	»	52	52	»	48	76.0	
»	»	»	»	80	80	»	20	90.0	
»	»	»	»	100	100	»	»	100.0	
»	»	»	»	98	98	»	2	99.0	
»	»	»	»	36	96	40	24	48.0	
»	»	»	»	88	88	»	12	94.0	
»	»	»	»	56	56	»	44	78.0	

(1) Je dois les échantillons 39 à 52 à l'obligeance de M. Michel, répétiteur à l'Institut agricole de l'Etat, qui les a récoltés sur pied en 1872 pour faire partie de la collection que le Département de l'agriculture a exposée à Vienne. Les essais de germination, etc., ont été faits en 1873, par M. Simon, ancien préparateur de la Station agricole de Gembloux.

La germination a commencé au bout de quarante-huit heures; mais on a noté seulement la totalité des graines ayant germé après dix jours.

rer ou d'un froment d'été.

IV. — CÉRÉAL

Nº d'ordre.	ESPÈCES.	PROVENANCE.	100 GRAMMES renferment : sable.	paille.	graines étranger.	GRAINES pures.
33	Avoine noire	C. B. Mariestad. M.	»	»	5.24	94.76
34	Avoine blanche	—	»	»	0.82	99.18
35	Seigle d'été	H. Sp. Elfsborg. C.	»	»	0.68	99.32
36	Seigle d'hiver	C. B. Mariestad. M.	»	»	2.07	97.93
37	Froment d'hiver	C. B. Mariestad. M.	»	»	»	100
38	— d'hiver	A. S. Elfsborg. C.	»	»	»	100
39	— roux non velouté. H(*).	Belgique (1).	»	»	»	100
40	— petit roux. H. . .	Id.	»	»	»	100
41	— blanc. H. . . .	Id.	»	»	»	100
42	Goldendrop. H.	Id.	»	»	»	100
43	Chiddam. H.	Id.	»	»	»	100
44	Froment roux de Brabant. H.	Id.	»	»	»	100
45	— anglais velouté. H. .	Id.	»	»	»	100
46	Hallett's pédigrée. H. . . .	Id.	»	»	»	100
47	Froment d'Odessa. H. . . .	Id.	»	»	»	100
48	— roux des Flandres. H.	Id.	»	»	»	100
49	— roux indigène. H. .	Id.	»	»	»	100
50	— de Pologne. H . .	Id.	»	»	»	100
51	— d'Écosse. E. . . .	Id.	»	»	»	100
52	— à barbe. E. . . .	Id.	»	»	»	100

(*) Les lettres H ou E, qui suivent les noms des espèces, indiquent s'il s'agit d'un fr

— PURETÉ. — VALEUR CULTURALE. — POIDS.

VALEUR culturale.	POIDS de mille graines.	POIDS de l'hectolitre non tassé.	POIDS de l'hectolitre tassé.	OBSERVATIONS.
	grammes.	kilogr.	kilogr.	
90.97	28.201	57.48	63.81	
90.25	29.476	54.58	61.11	
94.35	19.978	76.08	78.75	
96.95	26.630	76.23	81.03	
96.50	38.630	78.98	83.83	
93.00	»	»	»	
93.00	43.569	»	»	(1) L'origine des graines belges (voir page précédente) explique pourquoi ces échantillons étaient tout à fait purs.
88.00	38.569	»	»	
76.00	38.671	»	»	
92.00	48.141	»	»	
88.00	33.832	»	»	
94.00	39.592	»	»	
92.00	41.090	»	»	
76.00	41.642	»	»	
90.00	44.048	»	»	
100.00	48.983	»	»	
99.00	41.290	»	»	
48.00	37.139	»	»	
94.00	47.556	»	»	
78.00	34.738	»	»	

iiver ou d'un froment d'été.

En examinant les résultats des deux derniers tableaux, on constate pour le froment (il nous manque des types de comparaison pour l'avoine et l'orge) un fait analogue à celui que les expériences au moyen des graines de trèfle, de phléole et de sapin nous ont révélé : le pouvoir germinatif des graines du Nord est plus élevé que celui des graines du pays. Cependant le nombre d'échantillons de froment d'origine suédoise examinés par nous étant relativement petit, nous croyons bien faire en laissant de côté les essais concernant les céréales, pour la discussion des résultats de nos recherches.

Jetons maintenant un coup d'œil sur l'ensemble des essais que nous avons entrepris sur la question qui nous occupe. Bien que le nombre des échantillons de chacune des espèces végétales soumises à l'expérience n'ait pas été très considérable, il faut cependant remarquer que les conclusions auxquelles nous arrivons acquièrent une réelle valeur, parce qu'elles résultent d'essais tentés sur des représentants de familles botaniques très différentes (papilionacées, graminées et abiétinées) et qu'elles sont identiquement les mêmes pour toutes ces familles.

Il est donc permis d'admettre qu'il s'agit d'une loi générale et que les conditions climatologiques et cosmiques sous lesquelles végètent les plantes dans les hautes latitudes exercent une influence toute spéciale sur la formation et sur la maturation des graines de toutes les familles botaniques. En attendant sa confirmation par des recherches étendues à d'autres espèces botaniques que celles citées ci-dessus, nous la restreignons de la manière suivante :

I. ***Les graines de trèfle, de phléole, de sapin et de pin récoltées en Suède entre le* 55°20′ *et le* 60°40′ *de latitude se distinguent de celles récoltées dans des pays plus méridionaux :***

A. *Par leur pouvoir germinatif élevé, qui trouve son expression non seulement dans le nombre des graines aptes à germer, mais aussi dans l'énergie avec laquelle la germination s'engage;*

B. *Par leur haut degré de pureté;*

C. *Par leur poids absolu moyen élevé.*

II. *Concernant spécialement le* Trifolium pratense *et le* Trifolium hybridum, *il a été constaté ce fait important que les échantillons suédois étaient exempts de cuscute, ce qui provient moins d'une préparation soignée de la graine que de la rareté des cuscutées dans les cultures du Nord.*

III. *La grande énergie de germination des graines du Nord, d'une part, et leur poids absolu élevé, d'autre part, expliquent la précocité et le fort rendement que l'on constate, d'après M. Schübeler et d'autres expérimentateurs, lorsqu'on les transporte du Nord vers le Sud et lorsqu'on les cultive comparativement avec les graines indigènes.*

Parvenu aux conclusions précédentes (1), nous nous sommes demandé à quelle influence on peut rapporter les qualités qui distinguent les graines provenant de hautes latitudes de celles des pays méridionaux. Nous avons constaté plus haut que les provinces d'où nos graines sont originaires possèdent un climat favorable au parfait développement des semences. Mais, de pareilles conditions existant aussi dans quelques contrées d'autres régions, il faut encore l'intervention d'autres causes; une température convenable, une bonne répartition des pluies et surtout l'arrivée de pluies faibles pendant l'époque de la maturation ne suffisent pas pour expliquer le développement de certaines qualités précieuses inhérentes aux graines suédoises. M. Schübeler attribue à la longueur des jours une influence des plus sensibles sur la végétation norwégienne. On sait

(1) Les résultats de nos recherches ont trouvé, cinq années plus tard, une confirmation par les travaux de M. Nobbe sur le même sujet. Voir : *Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin*, n° 111, p. 741. — *Journal agricole du Brabant-Hainaut*, 5 mars 1882.

qu'en s'élevant vers les pôles, la longueur des jours s'accroît rapidement; le jour le plus long est, par exemple, à Saint-Pétersbourg (60°), de 18 ½ heures (1), il compte à Tornéo (65°) jusqu'à 22 heures. Il résulte de cette action plus prolongée des rayons lumineux que le travail chimique dont la cellule végétale est le siège, notamment la transformation de l'acide carbonique en combinaisons organiques, s'opère d'une manière plus continue qu'ailleurs; cette action plus soutenue de la lumière est, disons-nous, invoquée par le savant physiologiste de Christiania pour expliquer comment les végétaux accomplissent leurs fonctions végétales dans une période plus courte sous les hautes latitudes que dans les pays plus méridionaux. Les belles recherches de M. Sachs (2) sur l'influence de la lumière dans la formation de l'amidon, et de M. Dehérain (3) sur la part qui revient au même agent dans le phénomène de l'évaporation de l'eau par les feuilles, qui, de son côté, est une des causes auxquelles il faut attribuer le transport des principes immédiats des feuilles inférieures aux supérieures, ces recherches parlent entièrement en faveur de la théorie de M. Schübeler. Il y a cependant à considérer que si, d'une part, l'action solaire est plus prolongée dans les hautes latitudes, l'intensité de la lumière y est, par contre, moins forte, parce que la hauteur du soleil sur l'horizon diminue à mesure qu'on avance vers le Nord. Aussi croyons-nous, comme M. Griesebach l'a déjà fait remarquer dans l'ouvrage cité plus haut, que l'effet de la lumière est secondé par une autre influence puissante. La précocité des végétaux des hautes latitudes est une suite de la sélection d'après la loi darwinienne. Si l'on considère

(1) *La végétation du globe*, par A. GRIESEBACH, traduit par Tchihatchef; Paris, 1875, p. 152.
(2) *Lehrbuch der Botanik*; Leipzig, 1870, p 616.
(3) *Cours de chimie agricole*; Paris, 1873, p. 175.

un certain nombre de plantes d'une espèce végétale donnée et cultivée dans les hautes latitudes, on observe que ce sont les plus vigoureuses seulement qui sont capables de porter leurs semences à parfaite maturité. Celles-là étant, de préférence, employées pour les semailles, il en résulte chaque année un plus grand nombre de plantes précoces, et, grâce à la transmission par l'hérédité de semblables aptitudes et à la faculté que possède chaque organisme de s'accommoder au milieu où il vit, il se forme peu à peu une variété qui se distingue par la propriété d'accélérer sa croissance, c'est-à-dire de réduire sa période de végétation.

Chaque phase de végétation est donc atteinte dans un temps plus court et déjà le premier acte de la vie végétale, la germination, se manifeste, ainsi que nous l'avons vu dans nos expériences, avec plus d'énergie que dans les graines d'autre origine.

Mais l'énergie avec laquelle la germination s'engage et le pouvoir germinatif des graines peuvent certainement aussi dépendre de la constitution morphologique de celles-ci et de leur composition chimique(1). Une épaisseur plus ou moins grande de l'épicarpe, une infiltration plus ou moins forte de matières grasses dans le tissu cellulaire de l'endosperme, une quantité plus ou moins grande de matière amidonnée proportionnellement à la matière azotée ou à la cellulose, toutes ces conditions doivent exercer une influence notable sur la rapidité avec laquelle l'eau pénètre dans l'intérieur de la graine, pour déterminer d'abord le gonflement et ensuite la dissolution des matières de réserve qui y sont déposées. On peut donc se demander aussi si l'action prolongée de la lumière dans les hautes latitudes n'exerce pas une influence spéciale sur la composition chimique et même

(1) Voir aussi les essais de M. Haberlandt (Biedermann's *Centralblatt*, 1875), qui démontrent à l'évidence l'influence que l'état de l'épicarpe exerce sur la rapidité avec laquelle les graines absorbent l'eau.

sur la constitution morphologique des semences. De nombreux exemples de l'effet spécial de la lumière se trouvent dans les travaux de M. Schübeler : la couleur des fleurs des plantes de même espèce et de même variété est plus intense dans les stations septentrionales; la teinte de la semence de froment blanc importée du midi de l'Europe s'accentue avec chaque génération ; l'avoine forme en Suède des variétés d'un noir foncé et on a même remarqué(1) que l'orge de Suède et celle de Norwège ont une tendance à former des variétés bleuâtres et noirâtres ; les principes aromatiques des plantes se développent plus fortement dans le céleri, l'ail, l'oignon, etc., cultivés dans les hautes latitudes ; nous possédons un échantillon suédois de graines de cumin (*Carum carvi*) récoltées à Salen qui sont beaucoup plus odorantes que les graines de cumin d'autre origine.

M. Schübeler prétend aussi que les hydrates de carbone se forment avec plus d'abondance dans les graines du Nord et que, par contre, celles-ci sont plus pauvres en principes azotés. Il ne cite cependant point de recherches à l'appui de cette thèse et il est à remarquer que M. de Bibra(2), à qui l'on doit de nombreuses analyses de froment, professe une opi-

---

(1) Dr Lorenz, *Die Bodenkultur auf der Wiener Ausstellung*, p. 57.

(2) Il indique pour le froment de Russie 14.7 p.c. de matières protéiques.

—	de l'Allemagne du Nord .	14.1	—
—	de l'Allemagne du Sud .	13.6	—
—	de l'Égypte.	9.3	—

(Voir Grouven, *Vortraege ueber Agriculturchemie*, 1872, p. 385.)

Si les opinions concernant l'influence de la latitude sur le titre en azote du froment diffèrent, on est d'accord pour admettre qu'il augmente à mesure qu'on s'avance de l'ouest vers l'est, du climat océanique vers un climat continental; c'est ainsi que MM. Schmied et Wiesner (*Officieller Ausstellungsbericht;* Gruppe II, Wien, 1874) attribuent au froment d'origines diverses un titre moyen en azote de :

Écosse	2.01 p. c.	Moravie	2.36 p. c.
Centre de la France	2.02 —	Pologne	2.68 —
Bavière	2.20 —	Russie européenne.	3.58 —

nion opposée. C'est ce qui nous a porté à engager M. Zetterlund à doser l'azote dans un certain nombre des graines soumises aux expériences précédentes. Nous ajoutons, comme détail opératoire, que les graines ont été préalablement réduites en poudre très fine à l'aide d'un moulin muni d'un cône en acier. Le tableau suivant contient les résultats obtenus :

TABLEAU COMPARATIF

DU TITRE EN AZOTE DES GRAINES DE DIFFÉRENTE ORIGINE.

		EAU. °/°	AZOTE de la matière sèche. °/°	MATIÈRES protéiques. °/°
Trèfle rouge suédois.	Échantillon I...	12.76	5.59	34.94
	Échantillon II...	12.65	5.38	33.63
	MOYENNE..	.....	**5 485**	**34.285**
Trèfle rouge anglais	Échantillon I...	9.21	5.14	32 13
	Échantillon II...	9.94	5.18	32.38
	MOYENNE...	.....	**5.160**	**32.255**
Trèfle rouge belge et français.	Échantillon I...	10.96	5.23	32.69
	Échantillon II...	10.54	5.37	33.56
	Échantillon III...	9.79	5.57	34.81
	Échantillon IV ..	9.76	5.33	33.31
	Échantillon V. .	9.33	5.10	31.87
	MOYENNE...	.. ..	**5.32**	**33.248**
Trèfle hybride suédois.	Échantillon I...	11 76	5.21	32.56
	Échantillon II...	11.94	5.50	34.38
	MOYENNE..	....	**5.355**	**33 468**
Trèfle hybride allemand		10.09	**5.36**	**33.50**
Phléole des prés suédoise.	Échantillon I...	14.62	2.88	18.00
	Échantillon II...	12.00	3.74	17.13
	MOYENNE..	. ...	**2.81**	**17 56**
Phléole des prés allemande		11.72	**2.82**	**17 63**
Pinus sylvestris suédois.	Échantillon I ..	9.52	5.34	33.37
	Échantillon II..	9.39	4 86	30.38
	Échantillon III...	9.75	5.14	32.13
	Échantillon IV...	8 49	4.12	25.75
	MOYENNE..	...	**4.865**	**30 407**
Pinus sylvestris allemand		9.88	**4.765**	**29 781**

L'examen des résultats de ces dosages d'azote nous fait porter spécialement notre attention sur les graines de *Pinus sylvestris*, parce que, pour celles des arbres, il n'y a pas lieu de tenir compte de la grande influence qu'exerce le titre en azote de l'engrais sur celui des graines (1), et nous constatons que les graines formées sous l'influence des longs jours du Nord possèdent un titre en azote qui ne diffère pas sensiblement de celui des graines qui se sont développées sous un éclairage moins persistant. Mais la non-variabilité du titre en azote n'implique pas nécessairement que la longueur des jours soit sans influence sur la composition chimique des graines, puisqu'il est possible que cette influence se manifeste dans une variation du titre des autres principes constituants. L'analyse complète d'une grande série de graines d'origines diverses, mais bien connues, éclaircira cette question. Ces analyses permettront, en outre, de décider si les particularités qui distinguent les graines du Nord quant à leur aptitude germinative sont le résultat d'un changement dans leur composition chimique dû à l'action plus prolongée de la lumière sous les hautes latitudes.

---

(1) Il résulte, comme on sait, des travaux de MM. Barral, Ritthausen, Pott et autres, que la quantité d'azote contenue dans les graines s'accroît, en général, avec celle qui est contenue dans l'engrais.

VII

SUR LA PRÉSENCE

DES

GRAINES DE LYCHNIS GITHAGO (NIELLE)

DANS LES FARINES ALIMENTAIRES

SUR LA PRÉSENCE

DES

GRAINES DE LYCHNIS GITHAGO (NIELLE)

DANS LES FARINES ALIMENTAIRES (1).

Les farines alimentaires ne sont pas seulement falsifiées avec des matières minérales, telles que le sable, l'argile, le plâtre, la craie, la baryte, le sulfate d'alumine et le sulfate de cuivre, ou avec des farines de moindre valeur, des sons, etc. : elles peuvent aussi être altérées par d'autres causes. En effet, la négligence pendant la récolte ou lors du nettoyage des graines, le défaut de soins dans la préparation ou dans la conservation des farines peuvent déterminer la viciation des produits, sans qu'il y ait lieu de la qualifier de sophistication intentionnelle. Ainsi, on peut rencontrer dans les farines : 1° des parasites animaux; 2° des spores ou le mycélium de champignons; 3° des graines de certaines plantes phanérogames qui infestent les cultures comme mauvaises herbes. Parmi ces graines, la présence des unes est indifférente, celle des autres nuisible, soit parce qu'elles déprécient la valeur nutritive de la farine, soit parce qu'elles lui communiquent un principe toxique. Les graines de mauvaises herbes que l'on rencontre le plus fréquemment dans les farines et qui ont une action nuisible sont celles de *Sinapis arvense*, de *Raphanus raphanistrum*, de *Melampyrum*

(1) Publié dans le *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. XLVIII (août 1879).

arvense, de *Muscari comosum*, d'*Allium vineale*, de *Lolium temulentum* et surtout des semences de *Lychnis githago*.

Quoique la présence des graines de *Lychnis githago* (*Agrostemma*-nielle) dans les farines ait déjà été constatée en 1852[1], nous nous permettons d'attirer l'attention de l'Académie sur cette altération, parce que les cultures de 1877 et de 1878 montraient cette mauvaise herbe en abondance et, ce qui en est la conséquence, parce que nous en avons rencontré fréquemment des graines dans les tourteaux de colza et surtout dans les tourteaux de lin, et des quantités considérables dans deux échantillons de farines de seigle et de froment destinées à l'alimentation de l'homme. Il importe au plus haut degré que le chimiste expert appelé à examiner des farines ne néglige pas de fixer son attention sur la nielle, que Chevallier (*Dictionnaire des falsifications*, etc.) considère, avec l'ivraie, comme la plus dangereuse de toutes les substances que l'on rencontre dans les céréales[2]. Nous croyons devoir d'abord résumer les faits consignés dans un procès-verbal dressé à l'occasion d'une expertise récente; nous terminerons par quelques considérations générales sur la marche à suivre dans la recherche de la nielle.

Les farines fournies dans le courant de septembre 1878 à la Maison pénitentiaire et de réforme de la province de

---

(1) Chevallier, Lassègue et Tardieu, *Accidents déterminés par des aliments de mauvaise qualité; farine mêlée de nielle*. (*Ann. d'hyg. et de méd. lég.*, 1852, p. 350.)

Malapert et Bonneau, *Empoisonnement par la nielle des blés*. (Idem, p. 365.)

(2) Ulbricht a constaté des effets d'empoisonnement chez un lapin, un canard, une oie, un cochon et une chèvre nourris avec du grain renfermant de la nielle. (*Biedermann's Centralblatt*, 1876, IX, p. 156.)

Des empoisonnements de chevaux nourris avec de l'avoine fortement niellée ont été constatés dans la province de Namur en 1884. (*Note de la seconde édition.*)

. . . paraissaient de qualité douteuse. La commission administrative de cet établissement décida d'en faire faire une analyse chimique et nous chargea de ce travail en nous adressant deux échantillons, l'un de farine de seigle et l'autre de farine de froment, l'une et l'autre non blutées. Les deux échantillons qui, à l'examen rapide, ne présentaient rien d'anormal, ont été soumis à une analyse chimique[1] et microscopique. Voici les résultats obtenus :

Composition chimique des farines de :

	SEIGLE.	FROMENT.
Eau	15.20	14.37
Matières grasses (extrait par l'éther)	0.81	1.89
Matières albuminoïdes (azote × 6.25)	8.57	11.08
Matières extractives non azotées (amidon, etc.)	71.71	68.91
Matières minérales	1.82	1.85
Cellulose	1.89	1.90
	100.00	100.00

Les deux analyses précédentes ne montrent rien d'anormal. Le titre en eau, en matières minérales[2], en cellulose et en graisse des farines examinées correspond à celui des bonnes farines non blutées; le titre en matières albuminoïdes seul est un peu en dessous de la moyenne que l'on constate habituellement.

L'analyse chimique n'ayant révélé rien de particulier, nous avons procédé à l'examen au microscope.

L'examen microscopique de la farine de seigle et du dépôt

(1) Les analyses chimiques ont été faites avec le concours de M. de Molinari.

(2) Le titre en cendres des farines blutées est naturellement plus bas. La farine de froment blutée, séchée à 100° C., ne doit pas avoir plus de 0.8 p. c. de cendres (Louyet).

Cinq échantillons de farines pures provenant de la province de Namur nous ont donné respectivement 0.75, 0.59, 0.62, 0.72, 0.85 p. c. de cendres, soit, en moyenne, 0.71.

d'amidon obtenu après l'avoir malaxée sous un filet d'eau froide, nous prouvait qu'elle ne renfermait point de farines de légumineuses, de riz, de maïs, ni de fécule de pommes de terre (réaction Donny); elle laissait parfaitement voir les grains d'amidon de seigle, sans couches concentriques, mais pourvus, pour la plupart, du hile central affectant la forme d'une croix. Le résidu du malaxage sous un filet d'eau, formé par les pellicules de la graine de seigle, le son, montrait un très grand nombre d'autres pellicules d'un noir foncé, qui, à première vue, nous paraissaient appartenir à des graines de *Polygonum*. Cependant, l'absence de grains d'amidon de sarrazin nous engagea à étendre nos investigations et nous trouvâmes bientôt que ces pellicules noires, couvertes d'un dessin caractéristique (voir plus loin) appartenaient à la semence de *Lychnis githago*, plante appelée vulgairement ***nielle des champs*** ou ***couronne des blés***.

L'examen microscopique de la farine de froment telle quelle et du dépôt obtenu après l'avoir malaxée sous un filet d'eau froide nous a prouvé qu'elle était exempte de farine de seigle, de maïs, de fécule de pommes de terre, etc. Elle renfermait, comme celle de seigle, une forte proportion de graines de nielle, dont la quantité était cependant moins grande que dans la farine de seigle.

Nous ne nous sommes pas borné à la constatation microscopique de la graine de nielle, nous avons aussi isolé la ***saponine***(1), principe qui la caractérise et lui donne ses propriétés nuisibles. Cette opération, exécutée d'après la méthode décrite plus bas, a parfaitement réussi et a confirmé les résultats de l'observation microscopique.

D'après l'opinion de tous les auteurs compétents, notamment Malapert, Chevallier, Hager, Buchheim, la saponine est un principe qui nuit à la qualité du pain, auquel elle

---

(1) Githagine, d'après Scharling.

communique une odeur désagréable, un goût âcre et brûlant, quelquefois même une couleur bleuâtre et noirâtre ; de plus, l'usage continu d'un tel pain peut produire des grattements dans la gorge, des dérangements du système nerveux avec paralysie et rigidité des muscles (Dragendorff et Pelikan), la dyssenterie et même la mort (Chevallier, Tardieu et Lasségue).

Après avoir constaté la présence de la nielle, nous avons demandé à la direction de l'établissement public en question de faire une enquête dont le résultat a pleinement confirmé notre expertise. On a remarqué, en effet, lors de la préparation de la pâte obtenue des farines, qu'il s'en dégageait une odeur désagréable qu'on n'est pas parvenu à bien définir, odeur que le pain conservait après la cuisson ; de plus, celui-ci prenait rapidement une saveur aigre, surtout le pain de seigle ; plusieurs personnes déclaraient avoir ressenti aussi des grattements dans la gorge.

Il résulte de l'analyse chimique et de l'examen microscopique des deux farines qu'elles ne sont falsifiées ni par une addition d'eau, ni par une addition de sable, plâtre ou matières analogues, qu'elles ne renferment point de sulfate de cuivre, ni d'alun, qu'elles ne sont pas additionnées de farines de moindre valeur, mais qu'elles renferment une très forte proportion de graines de nielle, qui rend le pain non seulement mauvais au point de vue du goût et de l'odeur, mais aussi nuisible à la santé des personnes qui s'en nourrissent.

Ces farines sont donc tout à fait impropres à la consommation. La fourniture de farines provenant de grains non nettoyés, renfermant une certaine quantité de semences étrangères et nuisibles, tombe d'ailleurs sous l'application de la loi.

La recherche de la nielle ne présente point de difficulté lorsqu'il ne s'agit que d'échantillons de graines, où, par

conséquent, les semences de *Lychnis* sont entières. Dans ce cas, on peut les séparer facilement par un triage. Elles se présentent sous forme de petits rognons de 2 à 3 millimètres de diamètre, dont on aurait comprimé les deux côtés les plus allongés. Les semences ont un poids moyen de 8.7 milligrammes; leur péricarpe, d'un noir foncé, mais mat, ou d'un brun foncé, est hérissé de petites aspérités microscopiques. La coupe de la graine montre un endosperme dur, d'une blancheur parfaite, qui, mouillé d'eau d'iode étendue, prend immédiatement une couleur bleue intense. La quantité de graines de lychnis que l'on constate dans le seigle et le froment est quelquefois très considérable; c'est ainsi que nous avons retiré 927 graines de nielle d'un kilogramme de seigle de seconde qualité, acheté chez un marchand de graines.

Si l'échantillon soumis à l'expertise consiste en farine non blutée, les graines de nielle ont naturellement été broyées et c'est de la recherche des enveloppes qu'il s'agit. Celles-ci peuvent être isolées sans difficulté, soit par un tamisage sous filet d'eau à l'aide d'un tamis à mailles de 1 millimètre, soit en les cherchant dans le résidu du dosage de la cellulose (résidu du traitement de la farine par l'acide sulfurique de 1.25 p. c., la soude de 1.25 p. c., l'alcool et l'éther). Le péricarpe du *Lychnis* apparaît alors sous forme de petits lambeaux de 1/2 à 4 millimètres sur 1/2 à 2 millimètres, lesquels, traités par une solution bouillante de chlorure de calcium, de concentration 1 à 3, et préparés ensuite au chlorure de calcium ou à la glycérine, montrent au microscope et à un faible grossissement (80) un dessin très caractéristique (voir planche III).

L'épiderme, d'un beau brun châtain, est formé de cellules irrégulières, à membrane maculée de points noirs et à contour dentelé; elles sont disposées comme des roues d'engrenage. Chaque cellule montre aussi vers son milieu un épaississement plus foncé, analogue à un bourrelet, ayant un centre transparent. L'image de l'enveloppe du *Lychnis* diffère

tellement, au microscope, de celles produites par d'autres semences noires, telles que l'ansérine, la moutarde, la féverole, la renouée, etc., pouvant également se rencontrer dans les farines, que le doute n'est pas possible et que la découverte de cette enveloppe constitue un moyen sûr pour se prononcer sur la présence ou sur l'absence de graines de nielle dans les farines non blutées.

Si la recherche de la nielle dans les graines de céréales, dans les farines non blutées ou dans les tourteaux de graines oléagineuses destinés à l'alimentation du bétail ne présente pas de difficulté sérieuse, cette recherche est longue et difficile lorsqu'on a à faire à des échantillons de farines blutées, exemptes de son et ne renfermant, par conséquent, plus les enveloppes de la graine dangereuse. La nielle étant un fruit amidonné, nous avons étudié tout d'abord les caractères de son amidon, dans le but de voir si ceux-ci ne suffisaient pas pour le distinguer de l'amidon d'autres végétaux et pour reconnaître ainsi la présence de la nielle dans les farines alimentaires. Les grains de l'amidon de nielle sont d'une extrême petitesse (voir la planche); les plus grands ne nous ont donné qu'un diamètre de 0.006 de millimètre; ils sont polyédriques, généralement simples, très peu sont composés(1). Si l'on ajoute à cette circonstance qu'il n'y a qu'une toute faible apparence de hile et qu'il y a absence complète de couches concentriques, même en employant un grossissement de 800, on reconnaîtra qu'il n'y a rien à attendre, à notre point de vue, de l'examen au microscope(2). Il ne reste

(1) La propriété des graines de l'amidon de nielle de se réunir en groupe a trompé plusieurs auteurs, qui ont publié des dessins absolument erronés.

(2) M. Benecke, dans un travail publié récemment dans les *Versuchs-stationen*, 1885, p. 407, arrive à la même conclusion : « *Das Charakteristische der Stärkekörper des Kornradensamens reicht nicht aus, um auf Anwesenheit des letzteren zu... schliessen* », surtout parce qu'ils possèdent une très grande ressemblance avec ceux des graines de *Spergula arvensis* et d'autres caryophylées. (*Note de la seconde édition.*)

donc que la recherche par voie chimique du principe qui caractérise la nielle, c'est-à-dire de la *saponine*.

Voici la méthode suivie dans l'expertise des farines dont nous avons parlé plus haut :

On chauffe au bain-marie 500 grammes de farine avec un litre d'alcool à 85°, on filtre à chaud. Le filtrat est précipité par l'alcool absolu; la poudre blanche qui se dépose d'abord et les matières floconneuses (matières albuminoïdes, gomme, dextrine) sont séparées par filtration. Après avoir séché le filtre dans l'étuve à l'eau bouillante, afin de produire une coagulation des matières albuminoïdes, on épuise par l'eau froide. L'extrait aqueux précipité par l'alcool absolu fournit, après filtration et dessiccation du filtre, une poudre d'un blanc jaunâtre, donnant toutes les réactions propres à la *saponine* :

1° Elle possède un goût âcre et brûlant;

2° Elle se dissout rapidement dans l'eau froide et sa solution aqueuse, battue avec un agitateur, forme une mousse persistante;

3° Ni la poudre, ni la solution aqueuse ne se colorent avec l'iode (absence d'amidon);

4° La solution aqueuse réduit le nitrate d'argent et la solution de Fehling; mais cette dernière seulement après traitement par une goutte d'acide chlorhydrique (absence de sucre, — caractère des glucosides);

5° La solution aqueuse précipite par l'acétate de plomb, mais elle ne précipite point par le tannin (absence de matières albuminoïdes);

6° La solution aqueuse ne se coagule point par la chaleur (absence de matières albuminoïdes).

VIII

RECHERCHES

SUR LA

CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

I. — ESSAIS

SUR

LE POUVOIR GERMINATIF DES GRAINES

DE BETTERAVE A SUCRE(1).

Des cultivateurs et des fabricants de sucre se sont souvent adressés à la Station agricole afin de réclamer notre appréciation sur la qualité de graines de betteraves dont la levée avait complètement manqué ou, au moins, avait été très irrégulière. La question se pose ordinairement ainsi : *Le pouvoir germinatif de tel ou tel échantillon de graines de betteraves est-il suffisamment élevé pour fournir une bonne levée*, ou : *La non-réussite de tel ou tel semis provient-elle de la mauvaise qualité des graines de betteraves ou faut-il l'attribuer à des influences dont la responsabilité ne peut incomber au fournisseur des graines?*

L'absence complète (2) de données exactes sur le pouvoir germinatif moyen des graines de betteraves à sucre nous a engagé, afin de posséder les éléments nécessaires pour apprécier un échantillon donné, à examiner une série d'échantillons de graines de betteraves au point de vue de leur pouvoir germinatif et à étudier, en même temps, quelques-unes des causes (mode de récolte, etc.) qui influent sur leur pouvoir germinatif.

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 16 (janvier 1878).

Nous avons ajouté un certain nombre d'analyses faites depuis la première publication. (*Note de la seconde édition.*)

(2) Il n'existait, en 1874, époque à laquelle nous avons commencé ces recherches, aucun travail expérimental sur cette question dont l'importance ne peut certainement échapper à personne.

QUEL EST LE POUVOIR GERMINATIF MOYEN DES GRAINES DE BETTERAVES DE BONNE QUALITÉ ?

ESSAIS DE 1874. — Les graines essayées appartenaient aux variétés *Vilmorin améliorée*, *Magdebourg* et *Silésie collet vert*, qui avaient fourni au champ d'expériences de la Station agricole une belle levée, très régulière, respectivement 8, 9 et 11 jours après le semis. 50 graines de chacun des échantillons, après avoir séjourné dans l'eau distillée pendant 12 heures, ont été placées dans le germinateur de Nobbe. Chaque essai a été fait en double ; c'est la moyenne que nous relevons ici :

	VILMORIN.		MAGDEBOURG.		COLLET VERT.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 3 jours	11	13	5	5	9	11
— 5 —	18	25	14	25	11	23
— 8 —	22	40	36	43	21	40
— 10 —	42	85	42	83	37	68
— 14 — (1)	45	97	42	89	39	72
Pouvoir germinatif	90 p. c.		84 p. c.		78 p. c.	
Germes pour 100 fruits	194		178		144	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes	2.16		2.12		1.85	

ESSAIS DE 1875. — En 1875, on a opéré avec des graines de *Vilmorin améliorée*, qui, employées au champ d'expériences, ont fourni, 9 jours après le semis, une levée régulière.

50 graines, après avoir trempé dans l'eau distillée pendant 12 heures, ont été mises dans le germinateur de Nobbe ; elles ont donné :

---

(1) Depuis la publication de notre travail, les stations agricoles ont réduit la durée de la germination à 12 jours, mais elles ont augmenté la durée de la trempe en la portant de 12 à 24 heures. En effet, l'essai germinatif n'a pas pour but de déterminer le nombre des graines aptes à germer, mais bien le nombre des graines germant en temps utile.

	Fruits.	Germes.
Après 3 jours	6	6
— 5 —	17	38
— 8 —	32	34
— 10 —	40	86
— 14 —	44	95
Pouvoir germinatif		**88** p. c.
Germes pour 100 fruits		**190**
Un fruit germé donne, en moyenne, germes :		2.16

Essais de 1876. — Les essais de 1876 nous ont fourni des renseignements très intéressants. Nous avons opéré, d'une part, sur des graines de très bonne qualité, donnant une belle levée, possédant un pouvoir germinatif fort élevé et un nombre de germes exceptionnellement grand, et, d'autre part, sur des graines dont l'aptitude germinative laissait beaucoup à désirer, qui donnaient, même après deux semis, une levée tellement faible et irrégulière, que l'on a dû renoncer à la récolte du produit et remplacer la culture de betteraves par des navets.

A. *Graines de betteraves Magdebourg, Breslau et Impériale*, ayant donné une très belle levée et une excellente récolte, cultivées en 1876 au jardin d'expériences de la Station agricole.

Les essais de germination ont été faits comme les années précédentes.

50 fruits ont donné :

	MAGDEBOURG.		BRESLAU.		IMPÉRIALE.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 2 jours	5	9	6	12	4	—
— 5 —	20	42	12	40	5	—
— 8 —	42	78	18	72	9	—
— 10 —	44	80	36	120	42	—
— 14 —	45	87	40	138	49	207
Pouvoir germinatif . . .	**90** p. c.		**80** p. c.		**98** p. c.	
Germes pour 100 fruits . .	**174**		**276**		**414**	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes	1.93		3.45		4.22	

B. *Graines de betteraves Magdebourg et Collet rose,* dont la levée a manqué complètement, même après deux semis successifs.

	MAGDEBOURG.		COLLET ROSE.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 2 jours.	—	—	—	—
— 5 —	—	—	—	—
— 8 —	10	16	9	11
— 10 —	12	24	13	16
— 14 —	14	28	17	22
Pouvoir germinatif	**28** p. c.		**34** p. c.	
Germes pour 100 fruits	**56**		**44**	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes.	2.00		1.29	

Essais de 1877. — Graines de betteraves *Breslau* et *Silésie collet rose,* ayant donné au champ d'expériences une très belle levée et une fort bonne récolte.

50 fruits ont donné :

	BRESLAU.		COLLET ROSE.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 2 jours.	10	23	—	—
— 5 —	41	92	17	19
— 8 —	48	99	32	50
— 10 —	49	105	35	61
— 14 —	50	120	36	69
Pouvoir germinatif	**100** p. c.		**72** p. c.	
Germes pour 100 fruits	**240**		**138**	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes.	2.40		1.92	

Essais de 1878. — Graines de betteraves *Magdebourg* et *Impériale,* ayant produit une levée abondante et régulière.

50 fruits ont donné :

	MAGDEBOURG.		IMPÉRIALE.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 2 jours.	3	4	15	19
— 5 —	47	85	38	59
— 8 —	48	97	38	63
— 10 —	48	106	38	70
— 14 —	48	107	38	76
Pouvoir germinatif	**96** p. c.		**76** p. c.	
Germes pour 100 fruits	**214**		**152**	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes.	2.23		2.00	

Essais de 1882. — Graines de betteraves *Breslau* acclimatées une année en France :

Pouvoir germinatif	**80 p. c.**
Germes pour 100 fruits.	**159**

Toutes les graines des 14 échantillons dont nous venons d'enregistrer les résultats provenaient directement des marchands grainiers ; elles ont été employées par nous aux différentes expériences que nous poursuivons depuis plusieurs années sur la culture de la betterave à sucre. Les échantillons suivants nous ont été adressés par des fabricants de sucre ou des cultivateurs qui se plaignaient de la mauvaise levée des semis.

50 fruits furent traités comme dans les essais précédents et fournirent :

	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.	
	F.	G.	F.	G.	F.	G.	F.	G.	F.	G.	F.	G(1).
Après 2 jours . .	5	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 5 — . .	24	48	7	9	—	—	—	—	—	—	2	2
— 8 — . .	28	52	11	17	—	—	—	—	—	—	3	4
— 10 — . .	32	58	16	22	—	—	—	—	—	—	—	—
— 14 — . .	36	66	18	30	10	13	8	11	5	8	8	11
Pouvoir germinatif	**72** p.c.		**36** p.c.		**20** p.c.		**16** p.c.		**10** p.c.		**16** p.c.	
Germes pour 100 fruits	**132**		**60**		**26**		**22**		**16**		**22**	
Un fruit germé donne, en moyenne, germes.	1.83		1.67		1.30		1.38		1.90		1.38	

Essais de 1884 et de 1885. — Les essais de germination faits en 1884 et en 1885 nous ont donné pour dix échantillons de graines de betteraves à sucre de variété et d'origine diverses :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	
Pouvoir germinatif.	**50**	**67**	**68**	**66**	**72**	**53**	**89**	**83**	**79**	**76**	p. c.

(1) F. et G., abréviations pour fruits et germes.

En examinant les chiffres des expériences précédentes, nous pouvons y puiser les renseignements suivants :

I. — Pouvoir germinatif de 30 échantillons de graines de betteraves à sucre.

Maximum.	100 p. c.
Minimum.	10
Moyenne	**65.57**

II. — Nombre de germes fournis par 100 fruits.

Maximum.	414 p. c.
Minimum.	16
Moyenne.	**142.6**

III. — Nombre de germes fournis par un fruit germé.

Maximum.	4.2 p. c.
Minimum	1.3
Moyenne	**2.04**

M. Nobbe[1] a obtenu, en moyenne, pour 50 échantillons de graines de betteraves fourragères, 171 germes pour 100 fruits; ce chiffre se rapproche du nôtre. Ces résultats prouvent, dans tous les cas, que l'on exagère généralement le nombre des plantes produites par un fruit de betterave; on sait, en effet, que la pratique admet, comme chiffre moyen pour les graines de bonne qualité, 3 plantes par fruit.

Si, maintenant, nous voulons nous renseigner sur *le pouvoir germinatif des graines de betteraves de bonne qualité* et sur le nombre de germes qu'elles doivent fournir en moyenne, nous devons naturellement éliminer de notre récapitulation les résultats donnés par les échantillons dont la levée a été mauvaise ou dont le pouvoir germinatif a été inférieur à 50 p. c., et nous arrivons ainsi aux chiffres suivants :

---

(1) *Handbuch der Samenkunde*, p. 527.

I. — Pouvoir germinatif de 23 *échantillons de graines de betteraves à sucre ayant fourni une bonne levée :*

Maximum.	100 p. c.
Minimum	50
Moyenne.	**78.6**

II. — Nombre de germes fournis par 100 *fruits de betteraves à sucre ayant donné une bonne levée :*

Maximum.	414 p. c.
Minimum	132
Moyenne.	**200**

En attendant l'exécution d'essais germinatifs avec un plus grand nombre d'échantillons de graines de betteraves, qui pourraient peut-être, sans les modifier au fond, faire augmenter ou diminuer les chiffres précédents de 1 à 2 p. c., nous croyons que les acheteurs sont en droit de réclamer à leurs fournisseurs de graines de betteraves à sucre la garantie d'un pouvoir germinatif minimum de 80 p. c. et le développement de 181 germes au moins pour 100 fruits ou de 100,000 germes par kilogramme de fruits (1).

Nous ajoutons que le titre en eau de la graine de betterave a varié, dans un certain nombre de nos essais, de 11 à 18 p. c. et les impuretés (pierrailles, débris végétaux, etc.) de 3 à 7 p. c. Nous pouvons, par conséquent, nous arrêter à la définition suivante :

UNE GRAINE DE BETTERAVE DE BONNE QUALITÉ NE DOIT PAS CONTENIR PLUS DE 15 P. C. D'EAU ET PAS PLUS DE 4 P. C. D'IMPURETÉS; ELLE DOIT POSSÉDER UN POUVOIR GERMINATIF MINIMUM DE 80 P. C. ET DOIT FOURNIR 100,000 GERMES PAR KILOGRAMME DE FRUITS (2).

---

(1) 100 fruits pèsent, en moyenne, 1gr.8132.

(2) On a proposé de faire, lors de l'essai d'une graine de betterave, la

INFLUENCE DU DEGRÉ DE MATURITÉ DES GRAINES DE BETTERAVES SUR LEUR POUVOIR GERMINATIF.

Le pouvoir germinatif d'une graine dépend beaucoup du degré de maturité qu'elle a atteint au moment de la récolte. Les soins à apporter, sous ce rapport, lors de la récolte ne peuvent être trop recommandés et les producteurs, surtout lorsqu'ils en font une spécialité, devraient même recueillir les graines sur pied, en récoltant à part les plus uniformes, les plus mûres, que l'on rencontre ordinairement sur la partie supérieure de la tige centrale, et séparer ce premier choix des autres, qu'ils récolteraient ensuite d'après la méthode ordinaire en coupant toutes les tiges de la betterave.

Les essais suivants prouvent, en effet, l'énorme différence qui existe, au point de vue du pouvoir germinatif, suivant que les graines sont récoltées avec plus ou moins de soins.

Sur deux lots de porte-graines (n° I, 16 betteraves provenant d'une sélection de la betterave à collet rose cultivée depuis longtemps à la ferme de l'Institut agricole de Gembloux; n° II, 45 betteraves suédoises acclimatées une année en Belgique) cultivés en 1877 dans notre jardin d'expériences, nous avons recueilli sur pied, dans les der-

---

séparation en grosses, petites et moyennes, et de faire germer à part chaque catégorie. Ce travail, d'ailleurs très long, est absolument sans utilité pratique, M. Märcker ayant démontré que, dans un poids donné de fruits, le nombre de semences est sensiblement le même, les petites graines pesant moins que les grosses; de sorte qu'un poids quelconque donnera autant de germes, que les graines soient toutes grosses ou toutes petites. Les expériences de culture de M. Breitenlohner, de M. Ladureau et d'autres ont également prouvé que la récolte n'est pas influencée suivant que l'on emploie de la petite ou de la grosse graine.

niers jours du mois de septembre, environ un kilogramme de graines en choisissant les mieux développées, les plus uniformes, les plus mûres, parmi toutes celles qui se trouvaient à la partie supérieure de la tige centrale de chaque plante. Dix jours plus tard, les tiges ont été coupées, séchées à l'air, et on a fait alors pour le lot n° II un nouveau triage des plus belles graines et de celles en partie encore vertes. Les fruits mûrs montraient, lorsqu'on mettait leur intérieur à nu, des graines également bien mûres, dont le péricarpe était d'un noir brillant et l'endosperme sec, blanc et farineux. Par contre, un bon nombre des fruits encore verts, tels qu'on les récolte surtout sur les petites branches inférieures, où le soleil et l'air arrivent plus difficilement, renfermaient des graines moins développées, moins sèches et souvent encore laiteuses. Nous verrons, par l'examen des tableaux suivants, que ces différences influent considérablement sur le pouvoir germinatif des graines.

Lot n° I.

50 fruits, après avoir séjourné pendant 12 heures dans l'eau distillée, ont été placés, le 4 décembre, dans le germinateur de Nobbe; la température moyenne pendant l'essai était de 15°.5 C.

	Premier choix fait sur pied.		Graines restant après le choix sur pied.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 6 jours	33	71	4	5
— 7 —	35	92	8	9
— 9 —	40	98	8	11
— 11 —	41	131	8	12
— 14 —	47	151	9	13
Pouvoir germinatif	**94** p. c.		**18** p. c.	
Germes pour 100 fruits	**302**		**26**	

Lot n° II.

On a opéré comme pour le lot précédent.

	Premier choix fait sur pied.		Premier choix fait sur les graines récoltées.		Graines restantes.	
	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.	Fruits.	Germes.
Après 6 jours	21	51	14	24	1	2
— 7 —	22	62	14	27	1	2
— 10 —	23	65	14	27	1	2
— 12 —	34	78	15	28	1	3
— 14 —	35	98	17	32	.1	3
Pouvoir germinatif . .	**70** p. c.		**34** p. c.		**2** p. c.	
Germes pour 100 fruits .	**196**		**64**		**6**	

II. — QUELLE EST L'INFLUENCE DE LA DISTANCE

LAISSÉE ENTRE LES PLANTS

SUR LE RENDEMENT ET SUR LA COMPOSITION DE LA BETTERAVE (1) ?

La composition de la betterave à sucre dépend de circonstances très variées. Parmi celles qui sont au pouvoir du cultivateur et qui influent surtout sur la composition de cette racine, il faut citer :

1° Les opérations purement culturales ;

2° L'importation de semences étrangères améliorées;

3° Le choix rationnel des betteraves indigènes destinées à servir de porte-graines ;

4° Le choix approprié des matières fertilisantes.

La difficulté de conduire à bonne fin un essai de *grande culture* à l'effet d'obtenir des résultats de quelque exactitude exige que l'on se borne à entreprendre un nombre restreint d'expériences et à les répéter au moins pendant deux années, quoique l'expérimentateur puisse être tenté de poursuivre à la fois la solution de toutes les questions qu'il se propose d'étudier.

Pendant les années 1873, 1874 et 1875, nous avons laissé entièrement de côté la question de l'influence des engrais, en la réservant pour l'avenir, et nous nous sommes exclusivement attaché à résoudre le point suivant :

Quelle est l'influence de la distance laissée entre les plants sur le rendement et sur la composition de la betterave?

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 12 (1876).

EXPÉRIENCES DE 1874 (1).

Le champ d'expériences a été établi dans une pièce de terre de 8 ares(2) dont le sol présente les caractères généraux des terres sablo-argileuses de Gembloux. Son analyse mécanique révèle :

0.21 p. c.	de débris organiques;
4.58	de gravier siliceux;
43.86	de sable;
37.39	de sable argileux;
13.96	d'argile.

Sa composition chimique est la suivante :

1000 parties de terre fine séchée à l'air renferment :

Eau (150°)		20.22
Matières organiques		26.12
Oxyde de fer et d'alumine		17.74
Chaux		2.37
Magnésie		1.69
Soude		0.23
Potasse		0.76
Acide phosphorique		0.65
— sulfurique		0 26
— carbonique		0.56
— silicique		0.30
Chlore		Traces.
Insoluble dans l'acide chlorhydrique froid		929 10
		1000.00
Azote	organique	0.204
	ammoniacal	0.069
	nitrique	0.026
Pouvoir absorbant pour l'eau p. c.		43.75

Après avoir préparé la terre, on a répandu à la volée, le

(1) Nous avons été secondé dans l'exécution de ces recherches, notamment dans la surveillance des cultures, les pesées des récoltes et les nombreuses analyses, par M. Mercier, préparateur-chimiste de la Station de Gembloux.

(2) Ce champ a été mis à ma disposition par la direction de l'Institut agricole de l'État.

14 mai, un mélange de *guano du Pérou traité par l'acide sulfurique* (*guano dissous*) et de *chlorure de potassium*, correspondant à la dose de 300 kilogrammes du premier et de 200 kilogrammes du second à l'hectare.

Suivant notre analyse, le guano dissous titrait :

8.72 p. c. d'azote organique et ammoniacal ;
10.49 d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau,

et le chlorure de potassium avait une richesse de :

49.2 p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau.

Après un hersage superficiel suivi d'un roulage, on a planté à la main, en poquets, les variétés suivantes de betteraves, acclimatées par Vilmorin et provenant directement de la maison Vilmorin-Andrieux et C[ie], de Paris :

1. Betterave de Breslau.
2. — à collet vert.
3. — à collet rose.
4. — impériale.
5. — de Magdebourg.
6. — électorale.
7. — améliorée de Vilmorin.
8. — indigène.

La betterave n° 8, à laquelle nous donnons le nom d'*indigène*, est une variété issue de la betterave de Silésie, d'une couleur blanc-verdâtre, avec collet rose. On la cultive depuis plusieurs années à la ferme de l'Institut agricole de l'État.

Le champ a été divisé en deux séries de huit parcelles ; chacune des parcelles de la première série avait une surface de 46.72 mètres carrés et comptait huit lignes de betteraves espacées entre elles de 40 centimètres ; les poquets ont été placés à la distance de 25 centimètres. Les huit par-

celles de la seconde série mesuraient chacune 51.10 mètres carrés et portaient 10 lignes espacées entre elles de 35 centimètres ; les poquets étaient à 18 centimètres les uns des autres. Le plan de l'essai se résume donc dans le tableau suivant :

Ie SÉRIE.	IIe SÉRIE.
Espacement des lignes = 0m40 Espacement des betteraves = 0m25	Espacement des lignes = 0m35 Espacement des betteraves = 0m18
Huit espèces de betteraves cultivées dans les mêmes conditions, sauf la distance.	

Le semis eut lieu le 16 mai par un temps froid et légèrement humide. La température, s'étant élevée pendant les journées du 19 au 28 mai, a favorisé la levée des betteraves, qui a eu lieu dans l'ordre suivant :

Le 23 mai : Breslau ;
Le 24 et le 25 mai : Vilmorin améliorée;
Le 26 mai : Électorale, Impériale, Collet vert, Indigène;
Le 27 mai : Collet rose, Magdebourg.

Le 3 juin, la levée était suffisamment avancée pour permettre de donner un premier binage à la houe à cheval; le 10 juin, on a procédé à un premier éclaircissage des betteraves, et le 18, elles ont été isolées définitivement. Un binage à la main a été donné en même temps.

Le développement des betteraves s'est fait très normalement pendant le reste du mois de juin et pendant le mois de juillet. En août, surtout pendant la dernière quinzaine, les betteraves ont eu une période difficile à traverser. Après une pluie de 14 millimètres, le 6 août, et quelques pluies

fines ayant donné une quantité d'eau inappréciable au pluviomètre, il est survenu une sécheresse persistante, qui a été d'autant plus nuisible que la température était très élevée et que le vent du nord soufflait la plupart du temps. On se rappelle que la sécheresse du mois d'août 1874 a fortement compromis la récolte des betteraves dans quelques contrées. L'effet funeste s'est manifesté par un dessèchement des feuilles et surtout de la partie du collet sortant de terre. Les fentes et fissures qui se formaient par suite de ce dessèchement offraient aux insectes des points d'attaque faciles et retenaient l'eau des pluies du mois de septembre, ce qui a amené la pourriture.

Les betteraves du champ d'expériences, quoique arrêtées dans leur développement, n'ont pas été atteintes par cette intempérie. Le défoncement profond du sol et le grand pouvoir absorbant que possèdent les terres argileuses pour l'humidité les ont probablement préservées. Aussi se sont-elles très bien développées pendant le mois de septembre, qui leur a donné 58 millimètres d'eau. L'aspect général de la culture dans la dernière semaine de septembre, époque à laquelle les premières polarisations ont été faites (voir plus loin) peut se résumer ainsi : Betteraves indigènes supérieures aux autres au point de vue de la vigueur du développement, feuillage abondant, d'une couleur vert-foncé, racines très volumineuses. La betterave à collet vert est plus feuillue que la Breslau et que la Magdebourg; la Vilmorin améliorée est celle des betteraves dont le feuillage est le moins développé ; le sol qui la porte est beaucoup moins couvert que celui des autres parcelles, quoique les feuilles de la Vilmorin soient moins relevées et s'appliquent plus contre le sol que celles des autres variétés. La betterave à collet rose lui ressemble quelque peu sous ce dernier rapport.

Le 14 octobre, après 141 jours de végétation et après avoir reçu 155 millimètres d'eau, les betteraves ont été

arrachées. Le rendement, en tenant compte de la terre adhérente (tare) et du poids des betteraves enlevées du champ avant la récolte pour les polarisations, est résumé dans le tableau suivant :

A. — **Rendement du champ d'expériences de 1874.**

Iᵉ Série. 0m40 × 0m25. RENDEMENT par parcelle.	Iᵉ Série. 0m40 × 0m25. RENDEMENT par hectare.	ESPÈCES CULTIVÉES.	IIᵉ Série. 0m35 × 0m18. RENDEMENT par parcelle.	IIᵉ Série. 0m35 × 0m18. RENDEMENT par hectare.
Kilogr.	Kilogr.		Kilogr.	Kilogr.
378	80.907 (1)	Breslau.	325	63.601
370	79.195	Collet vert. . . .	360	70.450
385	82.406	Collet rose. . . .	354	69.276
350	74.914	Impériale	335	65.558
379	81.122	Magdebourg . .	304	59.491
355	75.985	Électorale	360	70.450
300	64.212	Vilmorin améliorée .	255	49.902
385	82.406	Indigène	425	83.170

Nous comparons, dans le tableau suivant, les chiffres exprimant le poids moyen des betteraves obtenues sous l'influence d'une distance différente. On a pris le poids moyen de deux manières : une première fois en divisant la récolte totale par le nombre de plantes (I), et une seconde fois en pesant séparément, à l'époque de la maturité, une douzaine de betteraves (II). On verra, par la discussion des expériences de 1874 et de 1875, pourquoi nous attachons de l'importance à la comparaison de ces chiffres. Pour le choix de ces betteraves, qui ont, en même temps, servi

(1) Pour expliquer ces rendements élevés, il faut tenir compte de ce que les parcelles n'avaient pas de manquants, tous les vides ayant été garnis par des plantes repiquées.

à l'analyse, on a tâché de prendre des sujets représentant, autant que possible, le type moyen du champ. Souvent on choisit, pour la prise des échantillons, un lot de betteraves composé de trois des plus grosses, de trois des moyennes et de trois des plus petites. Ce procédé ne peut être exact que dans la supposition que la récolte totale se compose d'un tiers de grosses betteraves, d'un tiers de betteraves de moyenne grosseur et d'un tiers de petites ; mais, en réalité, cela n'a pas lieu. Le mode de culture, l'engrais, les conditions météorologiques influent beaucoup sur la prédominance de l'une ou de l'autre des trois formes. Il est donc préférable de choisir une douzaine de betteraves représentant, autant que possible, le type moyen de la récolte; le lot doit, par conséquent, se composer de grosses, moyennes et petites racines, à peu près dans la même proportion que celles-ci se trouvent dans le champ. Cette opération, très difficile lorsqu'il s'agit de choisir les betteraves alors qu'elles sont encore en terre, ne présente aucune difficulté au moment où elles sont arrachées et étalées sur le sol.

B. — **Poids moyen des betteraves du champ d'expériences de 1874.**

Ire Série. 0m40 × 0m25. I.	Ire Série. 0m40 × 0m25. II.	ESPÈCES CULTIVÉES.	IIe Série. 0m35 × 0m18. I.	IIe Série. 0m35 × 0m18. II.
Gram.	Gram.		Gram.	Gram.
809	772	Breslau . . .	397	443
792	726	Collet vert	440	592
824	773	Collet rose . . .	432	657
749	833	Impériale	409	481
811	756	Magdebourg . . .	371	498
760	891	Électorale	440	566
642	512	Vilmorin améliorée .	311	340
824	752	Indigène	519	735

Pour le dosage de l'eau dans la betterave, on a opéré de la manière suivante :

Cinq betteraves de chaque lot ont été divisées, par une section longitudinale, chacune en deux parties sensiblement égales; ensuite, par une section parallèle à la précédente, on a enlevé une tranche mince sur toute la longueur de la betterave; cette tranche a alors été coupée en petits morceaux, pour en faciliter la dessiccation. Comme détail opératoire, il faut noter que la lame du couteau était bien tranchante et qu'on avait eu soin de couper préalablement plusieurs fois dans la betterave, pour prévenir les pertes de jus qui auraient eu lieu si la lame n'en eut pas été humectée.

Tous les morceaux provenant des différentes tranches ont été rapidement pesés dans une capsule tarée et portés lentement à 100° C.; cette température a été maintenue jusqu'à poids constant. On a opéré chaque fois sur 100 grammes de betteraves environ.

Pour doser le jus (J) de la betterave, on a employé la formule de Stammer (1) :

$$J = \frac{e}{E} 100.$$

La manière de procéder pour doser l'eau de la betterave (e) a été indiquée précédemment, et pour doser l'eau du jus (E), nous avons évaporé au bain-marie 20 cc. de jus tel qu'il s'écoule de la presse et séché à 100° C. jusqu'à poids constant.

(1) *Traité de la fabrication du sucre*, p. 19.

C. — Quantités d'eau et de jus renfermées dans les betteraves du champ d'expériences de 1874.

Ie Série. 0m40 × 0m25.		ESPÈCES CULTIVÉES.	IIe Série. 0m35 × 0m18.	
P. c. d'eau.	P. c. de jus.		P. c. d'eau.	P. c. de jus.
82.56	95.74	Breslau.	79.99	95.23
82.44	96.35	Collet vert. . . .	80.73	94.72
84.95	97.52	Collet rose. . . .	82.84	94.89
82.18	95.34	Impériale	79.95	93.70
81.99	95.85	Magdebourg . . .	80.36	95.25
81.53	94.70	Électorale	79.45	92.23
77.46	92.50	Vilmorin améliorée .	76.39	92.90
84.15	97.12	Indigène	83.90	96.21

Pour l'analyse de la betterave, il convient de procéder de la manière suivante : on lave les betteraves composant l'échantillon, on les essuie soigneusement, on coupe le collet et on les pèse. Le poids total divisé par le nombre de betteraves représente le poids moyen. Par deux sections longitudinales, on divise ensuite chaque betterave en quatre parties sensiblement égales ; les quarts de betteraves sont râpés ensemble au moyen d'une petite râpe à main, et la totalité de la pulpe obtenue est pressée dans une forte presse à vis.

Il convient d'agiter alors le jus énergiquement, à l'aide d'une baguette en verre, pendant 5 à 6 minutes, pour faciliter l'oxydation d'une matière colorante qui, sans cette précaution, ne précipite pas par le sous-acétate de plomb ; c'est ce défaut de manipulation qui occasionne souvent des jus troubles, dont la polarisation est difficile, parfois même impossible. Après avoir porté le jus à la température normale de 17°5 C. et après l'avoir abandonné au repos pendant 20 minutes, afin d'assurer le dégagement de l'air, on fixe son poids spécifique et sa densité Brix. On mesure

ensuite 100 cc. de jus, on y ajoute 10 cc. de sous-acétate de plomb et on agite le ballon. Le filtrat est soumis à la polarisation. Chaque polarisation doit être faite par deux personnes, dont les observations servent à établir la moyenne. En divisant le titre saccharin par la densité du jus, on obtient *la quantité de sucre dans* 100 *grammes de jus;* on divisant ce dernier chiffre par la densité Brix, on constate *le quotient de pureté,* et en multipliant le quotient de pureté par la quantité de sucre, on établit *la valeur proportionnelle du jus.*

Pour transformer *le titre saccharin du jus* en *titre saccharin de la betterave,* on le multiplie par 0.95, pour les cas où la quantité de jus n'a pas été dosée, parce qu'on admet 95 p. c. comme titre moyen en jus, chiffre qui se rapproche très sensiblement de la vérité, comme l'indiquent les résultats de nombreux dosages.

D. — **Densité, pureté et titre saccharin du jus des betteraves du champ d'expériences de 1874, le 8 septembre.**

Iᵉ Série. 0m40 × 0m25.			VARIÉTÉS CULTIVÉES.	IIᵉ Série. 0m35 × 0m18.		
DENSITÉ DU JUS.	SUCRE DANS 100 GRAM. DE JUS.	QUOTIENT.		DENSITÉ DU JUS.	SUCRE DANS 100 GRAM. DE JUS.	QUOTIENT.
	Gram.				Gram.	
1.054	11.53	86.7	Breslau	1.065	14.12	88.8
1.056	12.54	93.5	Collet vert	1 053	10.69	82.2
1.058	12.07	84.9	Collet rose	1 062	12.91	85.5
1.058	12.21	86.1	Impériale . . .	1.069	14.92	88.8
1.057	12.43	88.9	Magdebourg . . .	1.065	13.13	82.5
1.058	12.78	90.0	Électorale	1.062	12.38	82.0
1.072	15.82	92.5	Vilmorin améliorée .	1.071	15.78	92.3
1.052	11.11	86.8	Indigène	1.051	10.40	82.5

E. — Densité, pureté et titre saccharin du jus des betteraves du champ d'expériences de 1874, à l'époque de la récolte, le 14 octobre.

Iᵉ Série. 0ᵐ40×0ᵐ25. Densité du jus.	Iᵉ Série. Sucre dans 100 gram. de jus.	Iᵉ Série. Quotient.	Variétés cultivées.	IIᵉ Série. 0ᵐ35×0ᵐ18. Densité du jus.	IIᵉ Série. Sucre dans 100 gram. de jus.	IIᵉ Série. Quotient.
	Gram.				Gram.	
1.060	12.95	88.1	Breslau	1.069	14.90	88.7
1 061	13.50	90.6	Collet vert	1.063	13.71	89.0
1.055	11.76	87.1	Collet rose . . .	1.057	12.33	88.1
1.060	12.60	85.6	Impériale	1.066	14.33	89.0
1.060	13.84	94.2	Magdebourg . . .	1.068	14.71	88.6
1.058	11.94	84.1	Électorale	1.057	12.44	88 9
1.067	14.58	89.5	Vilmorin améliorée .	1.078	16.83	88.6
1.054	11.63	87.4	Indigène	1.055	11.79	87.3

F. — Titre saccharin et rendement en sucre à l'hectare des betteraves du champ d'expériences de 1874.

Iᵉ Série. 0ᵐ40 × 0ᵐ25.		VARIÉTÉS CULTIVÉES.	IIᵉ Série. 0ᵐ35 × 0ᵐ18.	
SUCRE DANS 100 GRAM. DE BETTERAVES.	SUCRE PAR HECTARE.		SUCRE DANS 100 GRAM. DE BETTERAVES.	SUCRE PAR HECTARE.
Gram.	Kilogr.		Gram.	Kilogr.
12.40	10032	Breslau.	14.19	9025
13.01	10303	Collet vert. . . .	12.99	9151
11.49	9468	Collet rose. . . .	11.70	8105
12.01	8997	Impériale	13.43	8804
13.26	10757	Magdebourg . . .	14.01	8335
11.31	8594	Électorale	11.47	8081
13.49	8662	Vilmorin améliorée .	15.64	7805
11.30	9312	Indigène	11.34	9431

Expériences de 1875.

Parmi les huits variétés de betteraves qui ont été soumises à l'expérience en 1874, nous en avons choisi quatre avec lesquelles ont été continués les essais en 1875; ce sont les suivantes :

1° Betterave de Breslau acclimatée par Vilmorin;
2° — à collet rose —
3° — indigène;
4° — améliorée de Vilmorin.

Le champ d'expériences de 1875 a été établi à côté de la

pièce qui a servi en 1874. La préparation du sol et la fumure ont été identiquement les mêmes que l'année précédente. Cette année, le champ a été divisé en trois séries de quatre parcelles chacune. Les parcelles des deux premières séries mesuraient 46.8 mètres carrés; celles de la dernière série, 45.5 mètres carrés chacune. La distance des lignes était, dans la première série, de 0^{m}45, dans la seconde de 0^{m}40 et dans la troisième de 0^{m}35; celle des betteraves respectivement de 0^{m}30, 0^{m}25 et 0^{m}18 dans les lignes. Le plan de l'essai se résume donc dans le tableau suivant :

I^e SÉRIE.	IIe SÉRIE.	IIIe SÉRIE.
Espacement des lignes . . = 0^{m}45 Espacement des betteraves. = 0^{m}30	Espacement des lignes . . = 0^{m}40 Espacement des betteraves. = 0^{m}25	Espacement des lignes . . = 0^{m}35 Espacement des betteraves. = 0^{m}18
Quatre variétés de betteraves cultivées dans les mêmes conditions, sauf la distance.		

Les expériences de 1875 ont été commencées dans de mauvaises conditions. On se rappelle, en effet, la sécheresse qui régnait au printemps, où la période du 29 mars au 5 mai s'est passée sans pluie. Le semis a donc été fait dans une terre très sèche. Un orage survenu quelques heures après a produit des effets défavorables, parce que la pluie battante a tassé fortement le sol et a déplacé hors des lignes des graines à peine couvertes de terre. La levée a donc été très irrégulière et a même manqué complètement en quelques endroits. Malgré la température favorable et les pluies du 19 et du 22 au 23 mai, les betteraves ont mal

levé et il a été procédé le 30 mai[1] à un nouveau semis, après avoir donné au sol les façons nécessaires. Les conditions météorologiques ont été extrêmement favorables au développement du second semis; les pluies survenues entre le 6 et le 13 juin ont assuré une levée régulière et générale. Deux binages et le démariage, une température très élevée, accompagnée de pluies persistantes pendant la première quinzaine du mois de juillet, ont été d'une influence des plus salutaires, et, après un dernier binage (27 juillet), la culture a pu être considérée comme parfaitement réussie.

Concernant la suite de notre culture, il y a peu à noter. La chaleur intense du mois d'août, des orages très bien répartis, qui apportent 65 millimètres d'eau, déterminent une végétation luxuriante. Le 18 septembre, époque à laquelle les premières polarisations ont été faites, le champ présentait un aspect très beau et à peu près uniforme pour les différentes parcelles. Le feuillage des betteraves indigènes était cependant le plus abondant ; il était presque entièrement relevé, tandis que celui des betteraves Vilmorin s'appliquait contre le sol et était très maigre. Sous ce rapport, la betterave à collet rose se rapprochait de la Vilmorin, et celle de Breslau ressemblait un peu à la betterave indigène. La seconde quinzaine de septembre a été froide et pluvieuse ; les jours pluvieux et brumeux prédominent aussi en octobre. Cette situation entretient la végétation et empêche les betteraves de mûrir. Pendant la dernière semaine d'octobre, le temps s'améliore et, le 30 du même mois, les betteraves ont été arrachées, après 152 jours de végétation et après avoir reçu 416 millimètres d'eau.

(1) Nous n'ignorons pas que l'époque tardive du semis a dû être d'une influence défavorable sur le poids de la récolte; mais, dans ces recherches, il s'agit moins du rendement absolu que de la comparaison des rendements obtenus sous l'influence d'un écartement varié.

Le rendement, le poids moyen, la richesse saccharine, etc., des betteraves, sont représentés dans les tableaux suivants. Les explications données relativement aux tableaux précédents, concernant les expériences de 1874, sont applicables aux essais de 1875.

A. — **Rendement du champ d'expériences de 1875.**

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Ie SÉRIE. 0m45 × 0m30. RENDEMENT		IIe SÉRIE. 0m40 × 0m25. RENDEMENT		IIIe SÉRIE. 0m35 × 0m18. RENDEMENT	
	par parcelle.	par hectare.	par parcelle.	par hectare.	par parcelle.	par hectare.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Breslau . . .	174	37179	223	47649	210	46154
Collet rose. . .	191	40812	220	47008	208	45714
Indigène . . .	186	39744	216	46153	196	43077
Vilmorin amélior.	141	30128	151	32265	148	32528

B. — **Poids moyen des betteraves du champ d'expériences de 1875.**

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Ie SÉRIE. 0m45 × 0m30.		IIe SÉRIE. 0m40 × 0m25.		IIIe SÉRIE. 0m35 × 0m18.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
Breslau . . .	502	501	476	411	289	316
Collet rose. . .	552	484	470	490	285	347
Indigène . . .	537	559	462	370	269	366
Vilmorin amélior.	407	447	323	398	203	338

C. — **Densité, pureté et titre saccharin du jus des betteraves du champ d'expériences de 1875, le 18 septembre.**

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Ie Série. 0m45 × 0m30.			IIe Série. 0m40 × 0m25.			IIIe Série. 0m35 × 0m18.		
	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.
		Gram.			Gram.			Gram.	
Breslau	1.050	9.81	79.7	1.051	10.17	80.7	1.051	10.43	82.9
Collet rose	1.047	10.69	92.2	1.052	10.76	84.1	1.056	10.96	80.0
Indigène.	1.047	9.34	80.4	1.046	9.01	79.1	1.058	10.52	74.1
Vilmorin améliorée	1.047	9.34	80.4	1.055	11.23	83.2	1.067	14.75	90.5

D. — **Densité, pureté et titre saccharin du jus des betteraves du champ d'expériences de 1875, le 30 octobre, époque de la récolte.**

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Ie Série. 0m45 × 0m30.			IIe Série. 0m40 × 0m25.			IIIe Série. 0m35 × 0m18.		
	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 grammes de jus.	QUOTIENT.
		Gram.			Gram.			Gram.	
Breslau	1.058	10.96	77.2	1.058	11.28	79.4	1.061	11.35	76.2
Collet rose	1.056	10.04	73.3	1.058	11.01	77.6	1.059	10.83	75.2
Indigène.	1.053	9.76	75.1	1.059	11.07	76.9	1.061	10.92	73.3
Vilmorin améliorée	1.072	13.64	79.4	1.072	13.88	80.7	1.072	14.93	86.8

E. — **Titre saccharin, valeur proportionnelle du jus et rendement en sucre à l'hectare des betteraves du champ d'expériences de 1875.**

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Ie Série. 0m45 × 0m30.			IIe Série. 0m40 × 0m25.			IIIe Série. 0m35 × 0m18.		
	SUCRE dans 100 grammes de betteraves.	VALEUR proportionnelle.	SUCRE par hectare.	SUCRE dans 100 grammes de betteraves.	VALEUR proportionnelle.	SUCRE par hectare.	SUCRE dans 100 grammes de betteraves.	VALEUR proportionnelle.	SUCRE par hectare.
	Gram.		Kilogr.	Gram.		Kilogr.	Gram.		Kilogr.
Breslau	10.41	8.46	3870	10.72	8.95	5108	10.78	8.65	4975
Collet rose	9.54	7.36	3893	10.46	8.54	4917	10.29	8.14	4704
Indigène.	9.27	7.32	3684	10.52	8.57	4855	10.37	8.00	4467
Vilmorin améliorée	12.96	10.83	3904	13.19	11.20	4256	14.18	12.95	4612

Nous avons rendu compte dans les pages précédentes des expériences entreprises, en 1874 et en 1875, à la Station agricole de Gembloux. Il nous reste maintenant à discuter les résultats obtenus, afin de pouvoir en tirer des conclusions.

Examinons d'abord les tableaux *A* de 1874 et de 1875 : ils démontrent à l'évidence que le rendement des différentes variétés de betteraves à sucre cultivées dans des conditions identiques, sauf l'espacement, est considérablement influencé par l'écartement des plants. Toutes choses étant égales, le rapprochement des plants détermine une augmentation marquée de la récolte. En effet, en réduisant la distance de $\frac{0.45}{0.30}$ ($0^m45 \times 0^m30$), qui est la plus usitée par l'agriculture belge, à $\frac{0.40}{0.25}$, c'est-à-dire en portant le nombre des plants de 74000 à 100000 à l'hectare, on a obtenu une majoration de rendement atteignant, pour les différentes variétés, 7 à 28 p. c.[1].

Cette augmentation existe, bien qu'il y ait cependant réduction du poids moyen de chaque betterave; elle a été :

Pour la *Vilmorin*,	de 7 p. c.;
— la *Collet rose*,	de 13 —
— l'*Indigène*,	de 14 —
— la *Breslau*,	de 28 —

L'augmentation du rendement par le rapprochement a

(1) Ce résultat est entièrement d'accord avec celui des expériences entreprises à l'Académie agricole de Bonn (voir *Organ des Vereins für Rübenzuckerindustrie*, 1874). Ainsi, pour :

m. c.				kil.
0.1258	de surface laissée à chaque betterave,	on a récolté	par parcelle	1823
0.1066	—	—	—	1986
0.0873	—	—	—	1903

De nombreuses expériences faites depuis l'époque de notre première publication ont d'ailleurs entièrement confirmé cette observation (*Note de la seconde édition.*)

toutefois sa limite. Les deux tableaux *A* de 1874 et de 1875 démontrent d'une manière très nette que la récolte commence à fléchir lorsque, dépassant une distance convenable, on exagère le rapprochement. En effet, sur douze essais comparatifs opérés avec les distances $\frac{0.40}{0.25}$ et $\frac{0.35}{0.18}$, il y en a dix qui accusent une diminution de récolte variant de 3 à 27 p. c.; deux essais (*Indigène* 1874 et *Vilmorin* 1875) font exception; ils donnent, pour les parcelles à grande distance et pour celles à petite distance, sensiblement le même résultat, car les différences de 0.93 p. c. pour l'une et de 0.75 p. c. pour l'autre sont négligeables dans des expériences de grande culture.

La diminution de récolte résultant d'un rapprochement poussé un peu loin paraît, à première vue, surprenante. On se demande pourquoi le rendement tombe lorsqu'on plante des betteraves à $\frac{0.35}{0.18}$ au lieu de les planter à $\frac{0.40}{0.25}$, quoique le nombre des plants augmente considérablement, puisqu'il est, dans le premier cas, de 160000 et, dans le second cas, de 100000 plants à l'hectare. La comparaison des cultures expérimentales faites dans les distances $\frac{0.45}{0.30}$ et $\frac{0.40}{0.25}$ étant en faveur du rapprochement, on serait tenté d'espérer une nouvelle augmentation en resserrant davantage encore les plants, c'est-à-dire en les distançant de $\frac{0.35}{0.18}$. Il n'en est cependant pas ainsi et les chiffres des tableaux *B* de 1874 et de 1875 donnent une réponse éloquente. Une diminution de l'écartement détermine une dépression considérable du *poids moyen* des betteraves produites; et cette diminution du poids moyen est tellement prononcée que l'augmentation du nombre des plants ne suffit pas pour compenser son effet sur le poids total du rendement.

Les deux tableaux *B* montrent très clairement l'influence que l'étendue ou, si l'on veut, l'aire assignée à chaque plante exerce sur le poids moyen des racines obtenues. Pour les distances $\frac{0.40}{0.25}$ et $\frac{0.35}{0.18}$, la diminution du poids moyen

des betteraves est très sensiblement proportionnelle à la diminution de l'aire. Le tableau suivant fait ressortir la relation qui s'établit ainsi entre la surface assignée à chaque plante et le volume qu'elle atteint :

Essais de 1874.

	Ie SÉRIE. $\frac{0.40}{0.25}$.	IIe SÉRIE. $\frac{0.35}{0.18}$.	
Surface assignée à chaque plante . .	0m²,1000	0m²,0625	Diminution de la surface. 37.5 °/₀.
Poids moyen des betteraves obtenues .	776 gr.	416 gr.	Diminution du poids moyen. 46 °/₀.

Essais de 1875.

	Ie SÉRIE. $\frac{0.40}{0.25}$.	IIe SÉRIE. $\frac{0.35}{0.18}$.	
Surface assignée à chaque plante . .	0m²,1000	0m²,0625	Diminution de la surface. 37.5 °/₀.
Poids moyen des betteraves obtenues	433 gr.	267 gr.	Diminution du poids moyen. 38.5 °/₀.

En passant à l'examen du tableau *C* de 1874, nous constatons une différence très curieuse dans la composition des racines provenant de cultures à écartements différents : ainsi, on observe que la quantité d'eau renfermée dans les betteraves diminue avec la réduction de l'écartement. Sur huit essais, nous n'avons constaté *aucune exception ;* toutes les variétés de betteraves de la seconde série $\frac{0.35}{0.18}$ renfermaient proportionnellement moins d'eau que les betteraves

de la première série $\frac{0.40}{0.25}$; cette différence est le plus prononcée dans les betteraves *Breslau*, *Impériale*, *Électorale* et *Collet rose,* qui renfermaient de 2.11 à 2.57 p. c. moins d'eau lorsqu'elles ont été plantées à des distances rapprochées. Pour la *Collet vert*, la *Magdebourg* et la *Vilmorin*, cette différence oscille entre 1.07 et 1.71 p. c. et elle est presque insignifiante pour l'*Indigène* (0.20 p. c.).

La quantité d'eau varie aussi dans les différentes variétés : c'est surtout la betterave *Vilmorin* qui accuse un titre tout particulier sous ce rapport : elle renferme beaucoup moins d'eau que les autres variétés. L'analyse indique 77.46 p. c. pour la première série et 76.39 p. c. pour la seconde série d'essais; tandis que, pour les autres variétés, la proportion d'eau oscille entre 81.53 et 84.95 p. c. pour la première et entre 79.45 et 83.90 p. c. pour la seconde série d'essais.

La quantité d'eau que contient la betterave agit naturellement sur la quantité de jus : aussi voyons-nous des relations analogues à celles que nous venons de signaler se manifester pour le titre en jus ; nous nous en rapportons donc entièrement au tableau *C* de 1874.

Les tableaux qui présentent le poids moyen des betteraves et qui ont démontré plus haut l'influence due à la surface occupée sur le développement morphologique de la racine fournissent encore un autre renseignement précieux. Ainsi, nous attirons l'attention sur la concordance frappante qui existe entre le *poids moyen de la betterave* obtenu en divisant le poids total de la récolte par le nombre des plants (colonne I des tableaux *B* de 1874 et de 1875) et le poids moyen déduit, à l'époque de la maturité complète, du pesage d'une douzaine de betteraves seulement (colonne II des tableaux *B* de 1874 et de 1875).

Sur 28 expériences comparatives (deux séries de 8 en 1874 et trois séries de 4 en 1875) :

12 ont accusé une différence entre les deux colonnes qui n'atteint pas 10 p. c. du poids moyen réel ;

11 ont accusé une différence entre les deux colonnes qui n'atteint pas 25 p. c. du poids moyen réel, et

5 ont accusé une différence entre les deux colonnes qui dépasse 25 p. c. du poids moyen réel.

Cette observation n'est pas sans importance pratique. En effet, s'il est possible de constater, à l'aide d'un échantillon formé d'une douzaine de betteraves, un poids moyen suffisamment concordant avec le poids moyen réel, il est fort probable que le titre saccharin obtenu par l'analyse de cet échantillon se rapprochera très sensiblement du titre saccharin moyen de la récolte, le titre saccharin d'une betterave dépendant tout particulièrement de son volume, les autres conditions restant égales. Cette considération démontre que l'analyse chimique d'un échantillon d'une douzaine de betteraves bien choisies peut suffire pour fixer le titre saccharin de la récolte d'un hectare.

L'écartement non seulement exerce une influence considérable sur le développement de la betterave et, conséquemment, sur le rendement, mais c'est de lui aussi que dépend — les autres conditions restant les mêmes — la composition chimique du jus de la betterave. On sait que la quantité totale des matières dissoutes dans le jus est en rapport avec sa densité : or, nous constatons, par l'inspection des tableaux *E* de 1874 et *D* de 1875, que celle-ci augmente considérablement avec la diminution de l'écartement ; ce fait est affirmé par 12 des 16 essais comparatifs ; dans 4 essais, la densité n'a pas varié d'une manière appréciable. Mais, puisque nous démontrerons plus loin que la densité du jus n'est pas toujours un critérium exact de sa richesse saccharine, nous ne pouvons pas conclure directement de l'augmentation de celle-là à l'augmentation de celle-ci, et nous devons fixer notre attention non sur les densités, mais sur les titres saccharins des tableaux *E* de 1874

et *D* de 1875. Il en résulte que le jus des quatre variétés de betteraves plantées en 1875 à $\frac{0.40}{0.25}$ est, ***sans exception***, plus riche en sucre que celui des betteraves à $\frac{0.45}{0.30}$; ensuite, que le jus des huit variétés cultivées en 1874 à $\frac{0.35}{0.18}$ est, ***sans exception***, plus riche que celui des betteraves à $\frac{0.40}{0.25}$, et que la même observation s'applique à deux variétés plantées en 1875 à $\frac{0.40}{0.25}$ et à $\frac{0.35}{0.18}$. Si le titre saccharin du jus s'élève à mesure (il s'est élevé, dans les expériences de 1874, pour les *Breslau* et les *Vilmorin*, jusqu'à 20 grammes par litre de jus) que l'on réduit l'écartement, — ce qui ressort de ces essais d'une manière tout à fait indiscutable, — cette diminution de l'écartement n'a, par contre, qu'une influence insignifiante sur le quotient de pureté. En d'autres termes, le même poids de sucre contenu dans le jus des betteraves, qu'elles soient plantées plus ou moins serrées, est accompagné d'une proportion de matières étrangères (organiques et minérales) peu variable. Les chiffres des tableaux *E* de 1874 et de 1875 viennent à l'appui cette assertion. Pour les huit essais comparatifs de 1874, on observe, avec la diminution de l'écartement : quatre fois une légère augmentation du quotient de pureté, trois fois une légère diminution et, pour une variété, il est resté le même.

Les essais de 1875 ne permettent pas non plus de conclure que les variations d'écartement déterminent d'une manière générale un changement du quotient. Il est vrai que, sur huit essais, cinq indiquaient une élévation du quotient de pureté correspondant à une réduction de l'écartement; mais il faut remarquer, d'autre part, qu'il a diminué dans trois essais. Quoi qu'il en soit, si ces expériences ne permettent pas d'établir d'une manière positive l'influence de l'écartement sur le quotient de pureté, il paraît cependant, d'après l'ensemble des cas observés, qu'il y a plutôt une tendance à l'augmentation du quotient de pureté à mesure que l'on diminue la distance laissée entre les plants.

Nous ne croyons pas nécessaire d'insister, dans la discussion de ces résultats, sur la quantité de sucre produite à l'hectare. Nous avons vu que, en passant de l'écartement de $\frac{0.45}{0.30}$ à celui de $\frac{0.40}{0.25}$, non seulement la récolte augmente, mais aussi le titre saccharin des jus; il s'ensuit donc nécessairement une augmentation considérable de la quantité de sucre produite à l'hectare, qui, pour la *Breslau*, atteint 45 p. c., tandis qu'elle n'est, pour la *Vilmorin*, que de 6 p. c.

Signalons aussi, en passant, l'augmentation considérable du poids moyen des betteraves, du titre saccharin et du quotient de pureté, qui a encore eu lieu entre la mi-septembre et la fin d'octobre; si cette augmentation ne doit pas surprendre pour les betteraves de l'année 1875, parce qu'elles ont été plantées tard, il faut remarquer, par contre, que la même augmentation, quoique moins forte, a été observée en 1874, bien que les betteraves eussent été plantées en temps normal, c'est-à-dire le 16 mai. L'arrachage trop hâtif non seulement porte donc atteinte au rendement, mais nuit aussi à la qualité de la racine.

Mais ni le rendement en poids de la betterave, ni le titre saccharin, ni la quantité de sucre produite à l'hectare, considérés isolément, ne nous permettent d'apprécier la supériorité de l'une ou de l'autre des distances étudiées, au point de vue de la valeur marchande de la récolte. Nous démontrerons plus loin que l'on doit avoir recours à la valeur proportionnelle du jus pour fixer le prix de la betterave de manière à satisfaire, à la fois, l'intérêt du cultivateur et celui de l'industriel. En multipliant, par conséquent, la valeur proportionnelle (tableau *E* de 1875) par 2 fr. 70 c., nous obtenons la valeur de 1000 kilogrammes de racines, qui, multipliée par le poids de la récolte, nous permet d'établir le tableau suivant :

VARIÉTÉS CULTIVÉES.	Iᵉ SÉRIE. Écartement 0m45 × 0m30.		IIᵉ SÉRIE. Écartement 0m40 × 0m25.		IIIᵉ SÉRIE. Écartement 0m35 × 0m18.	
	VALEUR en francs de 1000 kilogr. de betteraves déduite de la valeur proportionnelle du jus.	PRODUIT en francs à l'hectare.	VALEUR en francs de 1000 kilogr. de betteraves déduite de la valeur proportionnelle du jus.	PRODUIT en francs à l'hectare.	VALEUR en francs de 1000 kilogr. de betteraves déduite de la valeur proportionnelle du jus.	PRODUIT en francs à l'hectare.
Breslau	22.00	818	23.27	1109	22.49	1038
Collet rose	19.14	781	22.20	1044	21.16	967
Indigène	19.03	756	22.13	1021	20.80	896
Vilmorin	23.16	848	29.12	940	33.67	1095

Les chiffres de ce tableau nous dispensent de tout commentaire. La supériorité de l'écartement de $\frac{0^m40}{0^m25}$ sur celui de $\frac{0^m45}{0^m30}$ est évidente ; elle le devient encore plus par une autre considération : Recherchons le résultat financier de nos cultures pour l'écartement habituel de $\frac{0^m45}{0^m30}$ au prix de 20 francs par 1000 kilogrammes, prix auquel on vend le plus souvent (1). Le produit par hectare aurait été de :

Breslau . . . . $\frac{37179 \times 20}{1000} = 744$ francs.

Collet rose. . . . . . $\frac{40812 \times 20}{1000} = 816$ —

Indigène . . . . $\frac{39744 \times 20}{1000} = 795$ —

Vilmorin . . . . $\frac{30128 \times 20}{1000} = 603$ —

Tandis que ce produit est, suivant le tableau précédent, pour la distance $\frac{0^m40}{0^m25}$ et dans la supposition de la vente sur analyse, respectivement de 1109, 1044, 1021 et 940 francs. Le cultivateur réaliserait donc, dans le cas présent, en diminuant l'écartement des plants et en vendant suivant la valeur proportionnelle du jus des betteraves, un prix beaucoup plus élevé. L'augmentation de celui-ci correspondrait à :

49 p. c. pour la *Breslau ;*
28 — la *Collet rose ;*
29 — l'*Indigène ;*
56 — la *Vilmorin*.

Indépendamment d'une élévation du prix de vente, le cultivateur aurait encore la satisfaction d'avoir tenu compte des justes réclamations de l'industrie sucrière et d'avoir fourni une marchandise d'un titre saccharin satisfaisant.

Il nous reste une dernière observation à présenter rela-

(1) Ce prix s'applique aux années 1874 et 1875.

tivement au rapprochement exagéré de $\frac{0^m35}{0^m18}$. Quoique le titre saccharin soit le plus élevé dans les parcelles plantées à cette distance, celle-ci ne peut guère convenir à la grande culture, non seulement parce que le produit en argent, obtenu sous l'influence du rapprochement, est moindre, ainsi que cela ressort également du calcul des essais de 1874, mais aussi parce que les opérations culturales avec les instruments attelés seraient rendues trop difficiles. A moins d'appliquer les binages avec des précautions excessives, peu compatibles avec la célérité à imprimer au travail en grand, ou encore à moins de substituer, pour la façon d'entretien, ainsi que nous l'avons vu faire dans plusieurs exploitations importantes d'Allemagne et d'Autriche, le poney au cheval de gros trait, cet espacement n'est pas admissible. Pour la betterave *Vilmorin*, la diminution de la distance jusqu'à $\frac{0^m35}{0^m18}$ a cependant encore accusé une augmentation du produit définitif, résultant de l'élévation du titre saccharin de la récolte. Aussi, la culture de cette variété aux espacements de $\frac{0^m35}{0^m18}$ nous semble possible, d'autant plus qu'au point de vue cultural, le peu de développement de la racine et sa faible tendance à sortir de terre rendent un grand rapprochement moins dangereux.

En ce qui concerne la question du choix de la variété et le point de savoir s'il est plus rationnel d'améliorer par sélection la betterave indigène que d'importer des graines étrangères, nous nous réservons de faire de plus amples études. Nous avons cependant déjà acquis la certitude que, parmi les variétés étrangères cultivées en 1873, en 1874 et en 1875, c'est la *Breslau acclimatée par Vilmorin* qui se distingue, à la fois, au point de vue du poids de la récolte et du titre saccharin du jus, c'est-à-dire au point de vue du produit-argent obtenu à l'hectare (1).

(1) Voir aussi ce volume : *Recherches sur le meilleur mode d'emploi des engrais artificiels à la betterave à sucre.*

CONCLUSIONS.

Il résulte des expériences sur la betterave à sucre entreprises en 1874 et en 1875 à la Station agricole de Gembloux que :

1. *L'écartement des plants, toutes les autres conditions étant les mêmes, a une influence très marquée sur les rendements.*

2. *Toutes choses étant égales, le rapprochement des plants a déterminé une augmentation du produit en racines, atteignant, pour les diverses variétés, 7 à 28 p. c.*

3. *L'augmentation du produit en racines due au rapprochement a une limite; il se manifeste une réduction du produit lorsqu'on descend en dessous des distances* $\frac{0^m40}{0^m25}$.

4. *La diminution qu'éprouve le rendement par suite d'un rapprochement exagéré résulte de la réduction du poids moyen de chaque racine, diminution tellement sensible qu'elle n'est pas compensée par l'augmentation du nombre des plantes.*

Pour des distances $\frac{0^m40}{0^m25}$ *et* $\frac{0^m35}{0^m18}$, *la diminution du poids moyen des racines a été en raison directe de la diminution de l'espace assigné à chaque plante dans la culture.*

5. *L'écartement des plants a influencé considérablement la composition des racines; leur rapprochement a entraîné une diminution de la proportion d'eau et une augmentation de la densité, ainsi que du titre saccharin du jus, tandis que le quotient de pureté n'a presque pas changé.*

6. *La distance* $\frac{0^m40}{0^m25}$ *est particulièrement recommandable tant au point de vue du poids qu'au point de vue du titre saccharin de la récolte.*

7. *Pour des variétés à racines très peu volumineuses et sortant peu de terre, le rapprochement peut être poussé à* $\frac{0^m35}{0^m18}$.

8. *En adoptant la distance* $\frac{0^m40}{0^m25}$ *au lieu de celle* $\frac{0^m45}{0^m30}$, *qui est la plus usitée dans la culture belge, et en vendant sur analyse, le cultivateur pourra obtenir non seulement un produit-argent à l'hectare plus élevé, mais il pourra satisfaire aux justes réclamations de l'industrie sucrière en produisant une betterave de qualité supérieure.*

III

RECHERCHES

SUR LE

MEILLEUR MODE D'EMPLOI DES ENGRAIS ARTIFICIELS

APPLIQUÉS

A LA CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE[1]

La couche arable d'un hectare du sol sablo-argileux de Gembloux renferme[2], jusqu'à la profondeur de 0^m20, en chiffres ronds : 800 kilogrammes d'azote, 1700 kilogrammes d'acide phosphorique, 2000 kilogrammes de potasse, 6200 kilogrammes de chaux et 4400 kilogrammes de magnésie. Plus de 90 p. c. de la quantité d'acide phosphorique contenu dans le sol sont engagés dans des combinaisons que nous pouvons considérer comme favorables à la nutrition végétale; du moins un sel à acide organique, le citrate d'ammoniaque, dissout de cette terre presque autant d'acide phosphorique qu'un des dissolvants les plus puissants du chimiste : l'acide chlorhydrique. La faible proportion d'azote, d'une part, et, d'autre part, le taux relativement élevé en acide phosphorique expliquent aisément la conclusion que nous avons tirée des essais de

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, nº 29 (janvier 1884).

(2) Voir le tableau à la fin de ce volume.

culture poursuivis depuis douze ans, savoir : qu'en général, dans la terre sablo-argileuse du limon, les engrais azotés (nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque, laine, sang) sont toujours très actifs, tandis que l'acide phosphorique n'agit que médiocrement sur le poids de la récolte et que la potasse n'est que d'un effet plus que douteux.

Nous voulons aller au-devant d'une fausse interprétation que l'on tendrait peut-être à donner à cette conclusion, en déduisant de nos recherches l'utilité exclusive des fumures azotées au détriment de l'emploi des phosphates. Telle n'est pas notre pensée. D'abord, parmi nos essais, il n'en manque pas où le superphosphate et le phosphate précipité ont agi très favorablement sur les féveroles, l'avoine et le froment. Ensuite, l'addition de l'acide phosphorique à l'azote, même dans les cas où elle n'a produit aucune augmentation de récolte, a toujours eu un effet favorable parfaitement déterminé : la hâtiveté des récoltes, tant pour les céréales que pour les betteraves, et souvent l'augmentation de l'élaboration du sucre.

S'il est vrai que, dans nos essais en plein champ, une fumure de 60 à 75 kilogrammes d'azôte, sous forme convenable, a régulièrement produit une augmentation variant de 9200 à 20000 kilogrammes de betteraves par hectare, et que, dans nos essais en pots, 25 centigrammes d'azote par 4 kilogrammes de terre ont toujours au moins doublé, quelquefois triplé, la récolte de l'avoine et du froment, il ne faut nullement, pour cela, s'abstenir de l'emploi simultané d'engrais phosphatés. Les exemples ne manquent d'ailleurs pas, et même dans les environs de Gembloux il en existe, où l'application exclusive et abusive de l'azote, particulièrement du nitrate de soude, à la betterave, sans restitution de l'acide phosphorique, a eu une influence des plus fâcheuses sur le sol arable. Heureusement, la consommation considérable d'engrais phosphatés démontre qu'il ne s'agit là que d'exemples peu fréquents.

Mais si, dans la zone limoneuse et sablo-limoneuse du pays, l'emploi des engrais chimiques a pris de vastes proportions et si la plupart des fermiers sont convaincus de tous les avantages qui résultent de l'emploi rationnel de ces puissants auxiliaires de la culture intensive, il règne une très grande incertitude et des opinions fort contradictoires quant à leur meilleur mode d'emploi. Les procédés différents que l'on voit suivre dans les fermes, les conseils les plus variés que donnent sur leurs prospectus les marchands d'engrais et les très nombreuses consultations que l'on nous demande sur cette question nous prouvent, en effet, la confusion qui règne et l'absence complète de données exactes pouvant servir de base aux règles qui doivent guider dans le meilleur mode d'emploi des engrais artificiels pour la culture de la betterave à sucre.

Connaissant les bons effets produits par le fumier profondément enterré et jugeant par analogie, les fermiers, aussitôt que l'emploi des engrais artificiels s'est répandu, ont suivi cette pratique pour les engrais d'origine organique à décomposition lente : poudre de cuir, de sang, de cornes, d'os, de laine, etc. Il en était tout autrement pour les engrais chimiques. La très grande solubilité de leurs principaux éléments faisait admettre que leur répartition à la surface du sol était suffisante, l'eau du sol et des pluies se chargeant de leur diffusion convenable à travers la couche arable jusqu'à la profondeur des racines pivotantes. On se contentait, par conséquent, de répandre l'engrais chimique à la volée sur labour et de le mélanger aux particules terreuses de la surface par quelques bons hersages ou de l'enterrer à l'extirpateur. Tel était et tel est encore aujourd'hui le mode presque exclusivement suivi.

Des opinions contraires ont cependant, depuis longtemps, vu le jour. M. Ville, dans ses conférences de 1868 déjà, émit l'idée, sans se prononcer d'une manière définitive, d'enterrer au moins une partie de l'engrais « dans les

couches profondes du sol ». En Allemagne, la question de la fumure du sous-sol a été très souvent agitée et elle a donné lieu à toute une série de recherches de Liebig, de MM. Franck, Beyer, Peters, Treutler, Tuxen et autres, sur les moyens les plus aptes à faciliter la diffusion des éléments nutritifs dans les couches profondes. Elle a donné, en outre, l'idée de la construction d'instruments spéciaux (charrue Funke) permettant de faire pénétrer très profondément les engrais pulvérulents du commerce. Quoique M. Grandeau ait, au champ d'expériences de la Station agronomique de Nancy (1), toujours enterré les engrais chimiques à la charrue et malgré la propagande faite par un agronome français, M. Derome, pour la même méthode, la grande pratique conserva comme principal mode d'emploi des engrais artificiels leur épandage à la surface du sol. La solubilité des engrais chimiques faisait craindre leur perte en les employant autrement. Cette crainte était partagée par beaucoup d'auteurs ; pour les nitrates, elle était tellement prononcée, que M. Heiden, encore aujourd'hui, croit devoir en déconseiller l'emploi d'une manière absolue, sauf le cas où on peut les répandre en couverture.

Nous avons longtemps partagé l'opinion qui considère comme suffisante l'application des engrais chimiques à la surface du sol. Les doutes nous sont seulement venus à la suite de nos recherches et de celles de M. Wagner sur les réactions qui s'opèrent entre le sol arable et l'acide phosphorique des engrais. Ne pouvant plus conserver le moindre doute sur la précipitation instantanée de l'acide phosphorique soluble dans l'eau des engrais, lorsqu'il vient à se mettre en contact avec l'oxyde de fer, l'alumine, la chaux et la magnésie du sol, nous devions nécessairement

(1) *Huit années d'expériences comparatives sur les fumures azotées et phosphatées.* (Comptes rendus des travaux du Congrès international; Paris, Berger-Levrault et Cie, 1881.)



en conclure que l'on se faisait illusion sur l'importance du phénomène de la diffusion des engrais à travers la couche arable. Notre opinion fut partagée plus tard par M. Maercker, qui reconnut que, si l'on veut répartir l'acide phosphorique dans le sol, il faut beaucoup plus compter, dans ce but, sur le concours des moyens mécaniques qu'emploie la culture que sur la distribution par voie chimique.

Bientôt même, M. Maercker, dans ses longues études sur la betterave à sucre, constata que le nitrate de soude, qu'il a toujours fait enterrer à la herse au printemps, lui donnait des résultats très favorables, même lorsqu'il était appliqué *avant l'hiver* pour culture d'été. Il paraîtrait donc que, malgré la solubilité des nitrates, malgré le manque d'affinité du sol pour l'acide nitrique, sa diffusion ne se fait nullement aussi vite que l'on serait tenté de l'admettre : l'attraction des masses fonctionnant entre les particules terreuses et l'eau du sol chargée de nitrates retarderait la descente de l'azote nitrique. Donc, même pour les nitrates, on devrait aussi se préoccuper de les mettre à la portée des racines pivotantes. Telle paraît être actuellement l'opinion de MM. Lawes et Gilbert, qui, dans leurs célèbres cultures expérimentales, appliquèrent longtemps les engrais chimiques à la herse, tandis qu'ils recommandent maintenant de les semer au fond du sillon ouvert par la charrue.

La situation indécise de la question concernant le mode d'emploi des engrais artificiels, dont nous avons donné un très court résumé, nous engagea à contribuer, par des recherches personnelles, à élucider le problème. Les expériences que nous publions aujourd'hui n'ont rapport qu'à un cas tout spécial et parfaitement déterminé; elles ont eu pour objet la betterave à sucre en sol sablo-argileux. L'application des conclusions de nos recherches à d'autres conditions serait donc prématurée.

Avant d'entreprendre au champ d'expériences l'étude

complète de cette question [1], nous avons voulu, par quelques essais faits en petit, nous assurer d'abord si le mode différent d'application des engrais influe réellement sur la récolte et — s'il en était ainsi — nous renseigner, par ces essais préliminaires, sur la meilleure disposition à donner aux expériences définitives.

§ Ier. — *Essais de* 1881 *au jardin d'expériences.*

Quatre parcelles de 23 mètres carrés chacune, se trouvant dans les mêmes conditions de culture, ont été bêchées dans les derniers jours du mois d'avril. Une des parcelles (n° 1) est restée sans engrais ; les trois autres ont reçu 2300 grammes (soit 1000 kilogrammes à l'hectare) d'un engrais se composant de :

3.69 p. c. d'azote nitrique;
6.39 de potasse anhydre soluble dans l'eau;
6.21 d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

L'engrais a été semé à la volée, le 20 mai, à la surface de chacune des parcelles nos II, III et IV ; ensuite l'engrais de la parcelle II a été enterré au râteau, représentant le travail de la herse ; l'engrais de la parcelle III a été enfoui à la houe, à 0m12 de profondeur, et la parcelle IV a été bêchée à un fer de bêche, ce qui représente un labour profond de 0m22.

22 mai : on plante la betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin », à la distance de 0m40 × 0m25. — 8 juin : levée. — 18 juin : démariage et binage. — 30 juin : second binage. — A cette époque se manifeste déjà une forte différence entre les parcelles ayant reçu de l'engrais et la

---

(1) Ces expériences ont été faites avec le concours de M. l'ingénieur Warsage, préparateur à la Station agricole expérimentale.

parcelle témoin. C'est la parcelle III qui paraît la plus forte. Le 28 juillet, la parcelle I est des plus maigres, la parcelle II assez faible, les parcelles III et IV très belles, avec une légère prédominance de la parcelle IV. La récolte a eu lieu le 25 octobre.

D'après les relevés journaliers faits par M. Motteu à l'observatoire de l'Institut agricole de Gembloux, il est tombé pendant la végétation de nos betteraves, du 22 mai au 25 octobre 1881, 463 millimètres de pluie.

Rendement en kilogrammes des betteraves du jardin d'expériences de 1881.

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	RENDEMENT à l'hectare.	AUGMENTATION de la récolte	
		en kilogr.	en p. c.
Sans engrais.	17657	—	—
Engrais enterré au râteau . . .	22590	4933	27.9
Engrais enterré à la houe . . .	32674	15017	85.1
Engrais enterré à la bêche . .	38543	20886	118.3

Analyse des betteraves du jardin d'expériences de 1881.

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	Nombre de betteraves analysées.	Densité du jus.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté du jus.
Sans engrais.	20	1.0576	10.52	78.58
Engrais enterré au râteau .	20	1.0588	10.62	77.61
Engrais enterré à la houe . .	20	1.0584	11.02	81.18
Engrais enterré à la bêche. .	20	1.0614	11 05	77.60

§ II. — *Essais de* 1882 *au jardin d'expériences.*

L'engrais employé en 1881 renfermait tout son azote sous forme nitrique ; c'était un engrais chimique pur, composé d'un mélange de nitrate de soude, de chlorure de potassium et de superphosphate de chaux. Nous avons tenu à répéter l'essai de 1881 avec un engrais renfermant une partie de son azote à l'état d'autres combinaisons. Cet engrais se composait de sang desséché, de nitrate de soude, de sulfate d'ammoniaque, de chlorure de potassium, de superphosphate d'os et de phosphate précipité et titrait :

2.05 p. c.	d'azote organique ;
1.98	d'azote ammoniacal ;
1.52	d'azote nitrique ;
5.18	de potasse anhydre soluble dans l'eau ;
8.94	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

C'est avec intention que nous avons choisi ce mélange complexe : il représente la composition d'un des engrais les plus estimés en Belgique pour la culture de la betterave à sucre.

L'engrais a été appliqué le 9 mai à la dose de 1000 kilogrammes à l'hectare. La surface des parcelles et le mode d'emploi de l'engrais ont été les mêmes qu'en 1881.

10 mai : on plante la betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin » à la distance de $0^m40 \times 0^m25$. — 19 mai : commencement de la levée des parcelles I, III et IV. — 21 mai : levée générale dans ces parcelles. — 22 mai, commencement de la levée dans la parcelle II. — 24 mai : levée générale de la parcelle II. — 8 juin : démariage et binage. — 4 juillet : dernier binage. A la fin de juillet, les parcelles III et IV montrent une végétation luxuriante, un développement abondant et une couleur

vert saturé de l'appareil foliacé. Les parcelles II et I sont beaucoup plus faibles, sans montrer entre elles une différence appréciable. — 10 octobre : récolte.

Les betteraves ont reçu pendant leur végétation une couche de pluie de 453 millimètres, donc sensiblement la même quantité d'eau que celles de 1881.

Rendement en kilogrammes des betteraves du jardin d'expériences de 1882.

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	RENDEMENT à l'hectare.	AUGMENTATION de la récolte	
		en kilogr.	en p. c.
Sans engrais	21772	—	—
Engrais enterré au râteau	22453	681	3.1
Engrais enterré à la houe	36217	14445	66.4
Engrais enterré à la bêche	39030	17258	79.3

Analyse des betteraves du jardin d'expériences de 1882.

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	Nombre de betteraves analysées.	Densité du jus.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté du jus.
Sans engrais	12	1.0601	10.88	77.95
Engrais enterré au râteau	12	1.0541	9.81	77.66
Engrais enterré à la houe	12	1.0576	10.76	80.35
Engrais enterré à la bêche	12	1.0563	10.54	80.43

§ III. — *Essais de* 1882 *et de* 1883 *au champ d'expériences.*

Le champ d'expériences ayant servi à l'étude du meilleur mode d'emploi des engrais chimiques appartient à la ferme de l'Institut agricole de l'État; c'est une pièce de terre qui avait fait partie, avant d'être mise en culture, d'un jardin-pépinière et qui avait porté des carottes en 1881. Elle a été profondément bêchée pendant l'hiver de 1882 et nivelée. On l'a partagée en 16 parcelles de 14m60 de longueur sur 6m40 de largeur; la surface mesure donc près d'un are, soit 93mc44 par parcelle. Le chemin principal du milieu, qui partage le champ en deux bandes de huit parcelles chacune, a une largeur de 1m04; les petits chemins de séparation des différentes parcelles mesurent 0m78 de largeur. Dix parcelles sont consacrées aux recherches sur le mode d'emploi des engrais artificiels, six sont réservées à d'autres expériences.

La question principale qui doit préoccuper celui qui entreprend des expériences de culture en pleine terre, c'est de se renseigner sur l'homogénéité du sol des diverses parcelles. Il faut, en effet, s'assurer tout d'abord si les différences dans les rendements obtenus par des essais comparatifs proviennent exclusivement des facteurs variables de l'expérience dont on se propose d'étudier l'influence, ou si elles n'ont pas été occasionnées par des différences dans la fertilité naturelle des parcelles, différences qui se rencontrent quelquefois dans des pièces de terre paraissant très homogènes. Il est vrai que l'influence fâcheuse que le manque d'homogénéité d'un champ peut exercer sur le résultat d'un essai comparatif de fumure peut être rendue moins préjudiciable par l'augmentation du nombre des parcelles se trouvant dans les mêmes conditions d'expérimentation, recevant, par exemple, soit

le même engrais, soit les mêmes façons de culture et d'entretien, et en basant ses conclusions seulement sur la moyenne des parcelles dont les rendements sont suffisamment rapprochés.

Nous avons toutefois préféré sacrifier une année et cultiver pendant un exercice la betterave sur toutes nos parcelles sans engrais aucun et dans des conditions absolument identiques ; nous avons fait, s'il est permis de s'exprimer ainsi, une expérience à blanc. Nous devions nous procurer de cette manière des renseignements d'une valeur incontestable sur l'état de notre champ d'expériences. En effet, si les rendements de nos diverses parcelles identiquement traitées se rapprochaient suffisamment, c'est-à-dire s'ils ne différaient pas de la moyenne de plus de 4 à 5 p. c., chiffre qu'il convient d'adopter comme limite des erreurs inévitables pour les expériences de grande culture(1), nous étions certain, pour les essais définitifs de l'année suivante, que les différences beaucoup plus considérables auxquelles nous devions nous attendre d'après nos essais préliminaires de 1881 et 1882 seraient réellement la conséquence du mode d'emploi différent de l'engrais et non l'effet d'un manque d'homogénéité du terrain. Si, au contraire, le poids des betteraves et leur composition variaient beaucoup d'une parcelle à l'autre, nous aurions dû établir nos essais ailleurs, dans de meilleures conditions. Cette expérience à blanc devait avoir aussi cet effet favorable d'égaliser la fécondité naturelle des différentes parcelles.

Par conséquent, en même temps que les expériences au jardin, dont nous avons parlé plus haut, nous avons entrepris en 1882 l'essai en vue de vérifier l'homogénéité du champ expérimental.

---

(1) Voir ce volume, p. 151.

A. — *Champ d'expériences de* 1882.

Les parcelles du champ d'expériences ont été bêchées au commencement du mois d'avril, ensuite hersées et roulées. — 19 avril : on herse et roule de nouveau. — 21 et 22 avril : on plante à la distance de $0^m40 \times 0^m25$ la betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin », trempée pendant 12 heures dans l'eau de pluie. Les parcelles comptent 16 lignes à 58 poquets = 928 plants chacune. — 6 mai : commencement de la levée. — 10 mai : levée générale. — 15 et 16 mai : premier binage. — 30 et 31 mai : second binage et démariage; on repique quelques rares plantes qui manquent. — 21 et 22 juin : dernier binage. Les betteraves sont très bien venues, la végétation est uniforme; les quelques betteraves repiquées ayant repris, il ne manque aucune plante dans les parcelles. — 9 septembre : les betteraves sont encore en pleine végétation, le feuillage relevé et vert, sauf le centre des parcelles, qui commence à jaunir un peu. — 17 octobre : récolte. Les betteraves, après être restées un jour étalées sur le sol, ont été soigneusement nettoyées et pesées. On a ensuite fixé la tare de la terre adhérant encore malgré le nettoyage. Cette opération a été faite à part pour chaque parcelle.

Du 21 avril au 17 octobre 1882, il est tombé la quantité considérable de 520 millimètres d'eau. La température moyenne des trois derniers mois de végétation a été très basse ; ensuite, le ciel ayant été presque toujours couvert, l'intensité de l'éclairage a été très faible. Toutes ces circonstances expliquent le titre saccharin peu élevé de notre récolte.

Rendement en kilogrammes des betteraves du champ d'expériences de 1882.

NUMÉRO de la parcelle.	RACINES par parcelle.	RACINES par hectare.	FEUILLES par parcelle.	FEUILLES par hectare.	RAPPORT des racines aux feuilles.
1	562.7	60220	467.0	49978	1 : 0.83
2	575.5	61590	450.0	48159	1 : 0.78
3	567.9	60777	494.0	52868	1 : 0.87
4	555.9	59492	477.0	51049	1 : 0.86
5	558.8	59803	542.0	58005	1 : 0.97
6	554.8	59375	454.0	48587	1 : 0.82
7	580.8	62157	456.5	48855	1 : 0.79
8	574.1	61440	455.0	48694	1 : 0.79
9	564.7	60434	524.5	56132	1 : 0.93
10	564.6	60423	422.0	45162	1 : 0.75

Analyse des betteraves du champ d'expériences de 1882.

NUMÉRO de la parcelle.	NOMBRE de betteraves analysées.	DENSITÉ du jus.	SUCRE dans 100 grammes de betteraves.	QUOTIENT de pureté du jus.
1	20	1.0520	9.77	80.39
2	20	1.0516	10.07	83.46
3	20	1.0512	9.84	82.22
4	20	1.0494	9.14	78.93
5	20	1.0494	9.14	78.93
6	20	1.0529	10.03	81.23
7	20	1.0494	9 13	78.85
8	20	1.0516	9.54	79.13
9	20	1.0486	9.13	80.16
10	20	1 0529	9.56	77.46

En examinant les résultats obtenus dans notre culture expérimentale de 1882, nous constatons d'abord que les rendements des diverses parcelles ont varié entre les limites extrêmes de 59375 et 62157 kilogrammes, soit un écart

de 2780 kilogrammes à l'hectare. Par conséquent, la production de la parcelle la plus faible est de 4.6 p. c. en dessous de la plus élevée ; mais, comparativement au rendement moyen de toutes les parcelles réunies, lequel est de 60571 kilogrammes, le maximum du rendement ne s'écarte de la moyenne que de 2.62 p. c., le minimum de 1.97 p. c. Cet écart est en dessous du chiffre que nous avions fixé comme limite des différences inévitables de l'expérimentation en grande culture. Il prouve qu'en prenant de grandes précautions et des soins minutieux, il est possible d'atteindre une concordance suffisante entre les diverses parcelles. De légères différences dans la fertilité et dans le degré d'humidité des parcelles, la difficulté de peser exactement des centaines de kilogrammes de betteraves et d'en prendre rigoureusement la tare sont cause que cette concordance ne peut être poussée plus loin. Nous pouvons d'ailleurs avoir toute sécurité à cet égard. Comme on le verra plus loin, les différences que nous avons observées en 1883, lors des essais définitifs, entre les parcelles différemment traitées, atteignent 18, 24, 33 et 41 p. c.: nos conclusions ne sauraient, par conséquent, être altérées par les erreurs inévitables de l'expérimentation.

L'analyse des betteraves des dix parcelles varie du minimum de 9.13 au maximum de 10.07 p. c. de sucre, soit une différence de 0.94 ; la moyenne des dix parcelles est de 9.53 p. c. Cette concordance peu satisfaisante entre les analyses de dix échantillons de betteraves provenant de dix parcelles identiquement traitées et choisis avec toutes les précautions voulues doit engager l'expérimentateur à faire l'analyse de plusieurs échantillons par parcelle et lui imposer la plus grande prudence dans l'interprétation des différences constatées dans le titre des betteraves provenant des essais de culture. En effet, on doit tenir compte des faibles différences de ± 0.5 à 1 p. c. dans le titre saccharin seulement lorsqu'on les constate plusieurs fois de suite et

lorsqu'elles se présentent toujours dans le même sens et faire abstraction de ces différences si elles restent en dessous du chiffre de 0.5 p. c.

Si, pour toute recherche expérimentale, ce qui précède mérite une sérieuse attention, la différence, à première vue très grande, de 0.94 p. c. n'a rien qui doive nous effrayer lorsque nous nous plaçons au point de vue de l'achat de la betterave sur analyse.

En effet, on sait que, pour l'achat de la betterave, il est admis qu'on fait deux analyses par lot. Par conséquent, la moyenne de ces deux analyses, même dans le cas le plus défavorable, s'écartera très peu du titre moyen de toutes les analyses, que nous devons considérer comme le vrai titre moyen du champ entier. Voici, en dehors de tous les cas intermédiaires qui peuvent éventuellement se présenter dans le groupement de nos dix lots lors de la levée de deux échantillons de vente, les trois cas produisant les plus forts écarts avec la moyenne : on peut tomber par hasard sur les deux lots les plus hauts : 10.07 et 10.03, moyenne 10.05 p. c.; ou bien sur les deux lots les plus bas: 9.13 et 9.13, moyenne 9.13 p. c.; ou sur le lot le plus bas et sur le lot le plus haut : 10.07 et 9.13, moyenne 9.60 p. c. Ces trois titres ne s'écartent du chiffre 9.54 p. c. (le titre réel du champ) que respectivement de + 0.51, — 0.41 et + 0.06 p. c. On ne pourra pas nous objecter que cette concordance, suffisante dans l'analyse d'un produit tel que la betterave, ne peut être atteinte que dans des champs d'expériences de petite étendue ; car, de 1873 à 1876, nous avons fait des prises analogues dans des cultures non expérimentales de grande surface et, alors déjà, nous avons émis cette opinion : qu'un échantillon bien choisi, ou mieux la moyenne de deux échantillons, suffit pour établir le titre saccharin de la récolte d'un hectare, car le chiffre ainsi obtenu ne s'écarte guère de celui qui résulte de l'analyse d'un plus grand nombre d'échantillons du même lot. Tous

ceux qui, pendant de longues années, se sont adonnés à une étude attentive de la betterave à sucre ne trouveront dans cette conclusion rien qui puisse les surprendre. Ils savent, en effet, que la richesse saccharine de la betterave dépend, avant tout, de la variété de la graine; en second lieu, de l'engrais et de la distance laissée entre les plants, et en troisième lieu seulement, de la composition du sol. Les premières conditions étant les mêmes dans un champ donné, la troisième pouvant varier, mais étant d'une influence toute secondaire, il en résulte que divers lots de betteraves prélevés sur un champ doivent avoir sensiblement le même titre saccharin. Ceci ne peut évidemment avoir lieu que lorsque les échantillons se composent d'un nombre suffisant de betteraves (12 à 20), afin d'annuler l'influence qu'exercent les différences individuelles qui existent de racine à racine, et lorsqu'ils sont choisis de manière que le poids total des racines composant chacun des lots soit sensiblement le même.

Après cette digression, qui nous a été inspirée par le résultat des analyses de betteraves provenant de parcelles identiquement traitées, nous arrivons aux expériences de 1883.

B. — *Champ d'expériences de* 1883.

Après les essais préliminaires de 1881 et de 1882, nous avons installé en 1883 des expériences définitives. Toutes les parcelles ont été bêchées et hersées au commencement du mois d'avril. La disposition des carrés d'essais figure au plan ci-contre.

Plan du champ d'expériences de 1882 et de 1883.

6 ENGRAIS ENTERRÉ DANS LES LIGNES en dessous de la graine.	**1** SANS ENGRAIS.
7 ENGRAIS ENTERRÉ A LA BÊCHE à 22 centimètres. (Labour profond.)	**2** ENGRAIS ENTERRÉ A LA HERSE.
8 ENGRAIS ENTERRÉ A LA BÊCHE à 12 centimètres. (Labour superficiel.)	**3** ENGRAIS ENTERRÉ A LA BÊCHE à 12 centimètres. (Labour superficiel.)
9 ENGRAIS ENTERRÉ A LA HERSE.	**4** ENGRAIS ENTERRÉ A LA BÊCHE à 22 centimètres. (Labour profond.)
10 SANS ENGRAIS.	**5** ENGRAIS ENTERRÉ DANS LES LIGNES en dessous de la graine.

L'engrais employé était composé, rapporté à l'hectare, d'un mélange de :

500 kilogrammes de nitrate de soude (à 15.53 p. c. d'azote);
650 kilogrammes de superphosphate de Ciply-phosphate (à 14.51 p.c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin).

24 avril : on sème l'engrais à la volée et on l'enterre en variant le mode d'emploi d'après les indications détaillées du plan. — 26 avril : on plante la graine de betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin »; espacement des lignes = 0m40, espacement des poquets = 0m25; 16 lignes à 58 poquets sur chaque parcelle. — 8 mai : levée complète des parcelles 3, 4, 7 et 8 (bêchées). — 10 mai : levée complète des parcelles 1, 2, 9 et 10 (parcelles sans engrais et parcelles hersées). — 14 mai : faible commencement de levée des parcelles 5 et 6 (engrais dans les lignes en dessous de la graine). — 16 mai : tous les poquets des parcelles 5 et 6 lèvent; mais le nombre des plants est et reste plus faible que dans les autres parcelles. — 21 et 22 mai : premier binage. — 7 et 8 juin : démariage et second binage; on repique un très petit nombre de manquants. — 15 juin : les quelques betteraves repiquées étant parfaitement venues, on compte absolument le même nombre de plants par parcelle, savoir : 928. — 25 juin : très belle végétation, dont l'abondance croît dans l'ordre suivant : 5 et 6, 1 et 10, 2 et 9, 3 et 8, 4 et 7. — La différence entre les extrêmes de cette échelle est frappante et visible de loin. — 20 à 25 juillet : les différences signalées à la fin du mois de juin s'effacent peu à peu; 5 et 6 prennent le dessus sur 1 et 10 et se rapprochent des autres parcelles. — Vers le 15 août, les parcelles fumées se ressemblent très bien et sont toutes beaucoup plus fortes que celles sans engrais. — 10 octobre : récolte.

Pour prendre la tare, on a opéré de la même manière que pour la récolte de 1882.

La hauteur de pluie tombée pendant la durée de l'expérience, du 26 avril au 10 octobre 1883, a été beaucoup plus faible que celle de 1882; elle a été de 404mm5 et la température des trois derniers mois de la période végétative des betteraves plus élevée; aussi nos betteraves de 1883 ont-elles été sensiblement plus riches que celles de l'année précédente.

Rendement en kilogrammes des betteraves du champ d'expériences de 1883.

Numéro de la parcelle	ENGRAIS.	Racines par parcelle.	Racines par hectare.	Feuilles par parcelle.	Feuilles par hectare.	Rapport des racines aux feuilles.
1	Sans.	446.9	47827	240.0	25685	1 : 0.54
10	Sans.	474.6	50792	222.0	23758	1 : 0.47
	Moyenne	460.8	**49310**	231.0	**24722**	**1 : 0.51**
2	Enterré à la herse. . .	552.6	59142	302.0	32320	1 : 0.55
9	Enterré à la herse. . .	541.5	57952	289.0	30929	1 : 0.53
	Moyenne	547.1	**58547**	296.0	**31625**	**1:0.54**
3	Enterré à la bêche à 0m12 .	589.8	63120	350.0	37457	1 : 0.59
8	Enterré à la bêche à 0m12 .	638.5	68332	298.0	31892	1 : 0.47
	Moyenne	614.2	**65726**	324.0	**34675**	**1:0.53**
4	Enterré à la bêche à 0m22 .	650.1	69574	346.0	37029	1 : 0.53
7	Enterré à la bêche à 0m22 .	650.5	69617	350.0	37457	1 : 0.54
	Moyenne	650.3	**69596**	348.0	**37243**	**1:0.54**
5	Enterré dans les lignes .	579.2	61986	330.0	35317	1 : 0.57
6	Enterré dans les lignes .	568.1	60798	395.0	42273	1 : 0.70
	Moyenne	573.7	**61392**	362.5	**38795**	**1:0.64**

Le tableau précédent renferme les résultats de nos expériences tels qu'ils ont été notés dans le registre d'observations. L'action du mode d'emploi différent de l'engrais se dessine d'une manière très nette en groupant les chiffres comme suit et en établissant l'augmentation de la récolte

produite comparativement à la parcelle n'ayant pas reçu de fumure :

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	RENDEMENT à l'hectare.	AUGMENTATION de la récolte en kilogr.	en p. c.
Sans engrais	49310 kilogr.	—	—
Engrais enterré à la herse . . .	58547 »	9237	18.73
Engrais enterré à la bêche à 0m12.	65726 »	16416	33.29
Engrais enterré à la bêche à 0m22	69596 »	20286	41.14
Engrais enterré dans les lignes . .	61392 »	12082	24.30

Analyse des betteraves du champ d'expériences de 1883.

Nº de la parcelle.	ENGRAIS.	Nombre de betteraves analysées.	Densité du jus.	Sucre dans 100 grammes de betteraves.	Quotient de pureté du jus.	Valeur proportionnelle du jus.
1	Sans	20	1.0610	11.26	79.59	9.44
10	Sans	20	1.0610	11.67	82.48	10.14
	Moyenne	—	**1.0610**	**11.47**	**81.04**	**9.79**
2	Enterré à la herse . .	20	1.0601	11.45	82.04	9.89
9	Enterré à la herse . .	20	1.0605	11.47	81.62	9.86
	Moyenne	—	**1 0603**	**11.46**	**81.83**	**9.88**
3	Enterré à la bêche à 0m12	20	1.0593	11.13	80.82	9.47
8	Enterré à la bêche à 0m12	20	1.0614	11.49	80.66	9.76
	Moyenne	—	**1.0604**	**11.31**	**80.74**	**9.62**
4	Enterré à la bêche à 0m22	20	1.0597	10.94	78.90	9.09
7	Enterré à la bêche à 0m22	20	1.0597	11.24	81.09	9.60
	Moyenne	—	**1.0597**	**11.09**	**80.00**	**9.35**
5	Enterré dans les lignes.	20	1.0605	11.19	79.59	9.38
6	Enterré dans les lignes.	20	1.0567	10.77	81.58	9.25
	Moyenne	—	**1.0586**	**10.98**	**80.59**	**9.32**

Les rendements du champ d'expériences de 1883 nous fournissent encore un renseignement intéressant sur l'effet heureux exercé par une année de culture sans engrais. Les parcelles 4 et 7 (voir 1882, page 302) nous ont donné les rendements les plus écartés, tandis que, l'année suivante (voir 1883, page 308), ils se sont beaucoup rapprochés et sont même devenus très concordants.

§ IV. — *Discussion des expériences de* 1881, 1882 *et* 1883.

Avant de nous occuper de la discussion des résultats concernant particulièrement la question à l'étude : « Quel est le meilleur mode d'emploi de l'engrais chimique sur la betterave en terre sablo-argileuse ? » nous devons d'abord constater que les engrais artificiels employés ont été d'un effet très favorable. En faisant abstraction du mode différent suivi dans l'application de l'engrais, nous voyons qu'il a produit dans les trois années d'expérimentation une augmentation très sérieuse de la récolte comparativement aux parcelles n'ayant pas été fumées. C'est ainsi que, pour 1883, année des expériences définitives, on a récolté sur les parcelles témoins une moyenne de 49310 kilogrammes de betteraves à l'hectare, tandis que la moyenne de toutes les parcelles fumées a monté à 64315 kilogrammes de racines, soit une augmentation de 15005 kilogrammes ou de 30.4 p. c.

Ce résultat est une nouvelle preuve à l'appui de ce que nous avons dit, dans l'introduction à ce travail, sur l'efficacité des engrais artificiels employés d'une manière rationnelle. Mais si, dans les trois séries d'expériences, l'engrais artificiel a produit un surcroît de récolte, son mode d'emploi n'a pas du tout été indifférent. Les rendements ont considérablement varié selon que l'engrais a été seulement

réparti à la surface du sol ou suivant qu'il a été mélangé aux couches inférieures de la terre.

Nous tirons donc d'abord de nos recherches cet enseignement : « Appliquer l'engrais artificiel à la surface du sol en se contentant de l'enterrer à la herse est absolument insuffisant. » Nos conclusions sont formelles à cet égard, elles ne laissent pas le moindre doute. Pour trois années d'expériences, l'augmentation produite par l'engrais enterré à la herse a été :

En 1881 de	27.9 p. c.
1882	3.1
1883	18.7

tandis que l'augmentation obtenue par la même dose d'engrais, mais enterré par un labour, a atteint les chiffres suivants :

En 1881 . . .	85.1 et	118.3 p. c.
1882 . . .	66.4	79.3
1883 . . .	33.3	41.1

Même pour des années aussi pluvieuses que celles pendant lesquelles nous avons expérimenté, l'eau du sol n'a pu amener vers les couches inférieures les éléments nutritifs : le pouvoir absorbant du sol s'y est opposé. Il a fallu l'intervention des moyens mécaniques dont nous disposons en culture pour faire descendre l'engrais, afin d'assurer la nutrition abondante de la racine pivotante et d'obtenir ainsi le maximum d'effet que l'engrais est capable de produire. Ceci s'est manifesté non seulement lors de l'emploi de l'engrais qui renfermait une partie de son azote sous forme organique (1882), mais même pour l'engrais chimique pur (1881 et 1883). En effet, quoique l'azote de la fumure appliquée en 1881 et en 1883 (élément dont dépend surtout le rendement de la betterave en sol sablo-argileux) s'y trouvât exclusivement à l'état nitrique, sous la forme la plus soluble, son pouvoir de diffusion à travers la couche arable n'a pas encore été assez puissant pour que son application à la

surface du sol ait pu élever autant la production que lorsqu'il a été enterré plus profondément.

Il y a une autre observation, faite lors des expériences de 1883, en faveur de l'enfouissement des engrais chimiques par un labour. Les notes culturales relatent que les parcelles 3, 4, 7 et 8 ont levé deux jours avant les parcelles 1, 2, 9 et 10. Quoique toutes les parcelles aient été labourées au commencement du mois pendant lequel ont eu lieu les semailles, afin de les mettre dans les mêmes conditions, le second labour nécessité par l'enfouissement de l'engrais a eu cet effet favorable de ramener de l'humidité à la surface, ce qui a accéléré la germination. C'est là la véritable cause de l'avance de deux jours des parcelles dont l'engrais a été enterré à la charrue sur celles où l'engrais n'a été mélangé à la terre que par la herse. Le retard des dernières parcelles ne peut être attribué à l'influence fâcheuse du contact trop intime de la graine avec les sels de l'engrais resté à la surface, car les parcelles n'ayant reçu aucune espèce de fumure ont également levé deux jours après celles où l'enfouissement de l'engrais à la charrue a favorisé la germination de la graine.

Le mode différent d'emploi de l'engrais a été sans influence manifeste sur la composition de la racine. Les différences dans le titre saccharin des betteraves des carrés de 1881 ne dépassent pas 0.42 p. c. En 1882, les betteraves de la parcelle où l'engrais a été enterré au râteau montrent cependant une différence un peu plus sensible comparativement aux parcelles dont l'engrais a été enterré à la houe ou à la bêche. Les premières titrent respectivement 0.97 et 0.73 p. c. de sucre en moins. Mais, par contre, les analyses des divers carrés du champ d'expériences de 1883 (voir page 309) s'écartent très peu les unes des autres; elles tombent dans les limites de la tolérance admise sur le titre dans des essais de ce genre.

En considérant l'ensemble de nos recherches de trois

années, on reconnaît que la composition des betteraves produites sous l'influence d'un engrais appliqué, d'une part, à la herse, ou, d'autre part, à la charrue, ne diffère pas d'une manière assez sensible pour en déduire une conclusion en faveur de l'un ou de l'autre procédé de distribution de la matière fertilisante.

Si nous avons reconnu, par les considérations qui précèdent, que l'engrais artificiel appliqué au printemps en terre sablo-argileuse à la culture de la betterave à sucre doit être enterré par un labour, nous avons maintenant à nous occuper de la profondeur à laquelle il convient de l'enterrer.

Les résultats de nos trois années d'expériences sont concordants pour nous renseigner des rendements maximum lorsque l'engrais a été enterré à la profondeur de 0m20 à 0m22, aussi bien pour l'engrais chimique pur que pour l'engrais mixte. Les différences sont même très sensibles :

Années.	ENGRAIS enterré à 0m10 — 0m12.	ENGRAIS enterré à 0m20 — 0m22.	AUGMENTATION	
			en kilogr.	en p. c.
1881	32674	38543	5869	17.96
1882	36217	39030	2813	7.77
1883	65726	69596	3870	5.89

La composition des racines n'a point présenté de différence.

Nos cultures expérimentales de 1881, 1882 et 1883 ont reçu respectivement 463, 453 et 404mm5 d'eau, hauteur plus élevée que celle qui tombe en une année moyenne. Il est plus que probable que, pendant une année plus sèche,

la supériorité de l'engrais enterré à 20 et 22 centimètres sur celui enterré moins profondément eût été plus prononcée; la quantité énorme d'eau a certainement favorisé la diffusion de l'engrais enterré à une demi-profondeur.

L'avantage qui résulte d'un emploi rationnel de l'engrais artificiel est encore plus saillant lorsqu'on exprime en argent les rendements obtenus dans les différentes conditions de l'expérience. Tandis que l'application de l'engrais à la surface se solde par une perte sérieuse, l'enfouissement à une demi-profondeur produit un bénéfice de 125 francs et le labour profond de l'engrais même un bénéfice de près de 200 francs à l'hectare. Cela résulte à toute évidence des chiffres suivants :

MODE D'EMPLOI de l'engrais.	Rendement en kilogr.	Rendement de la parcelle sans engrais.	Augmentation.	Bénéfice brut. (1)	Coût de l'engrais.	Frais d'application.	Bénéfice net.
			Kilogr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Enterré à la herse . . .	58547	49310	9237	228	248	16	— 36
Enterré à la charrue à 0m12	65726	49310	16416	395	248	22	+ 125
Enterré à la charrue à 0m22.	69596	49310	20286	474	248	33	+ 193

Depuis quelques années, une pratique tend à se répandre beaucoup, présentant, au point de vue de la facilité de l'application de l'engrais, plusieurs avantages sérieux. Nous voulons parler de l'emploi de l'engrais ou, du moins, d'une partie de l'engrais dans les lignes en dessous de la graine. Plusieurs semoirs fonctionnant très bien ont été construits à cet effet. Nous avons voulu expérimenter

(1) La valeur-argent des betteraves a été établie en attribuant à l'unité de la valeur proportionnelle du jus un prix de 2 fr. 50 c.

ce procédé et le comparer à celui où la répartition de l'engrais a lieu à la herse ou à la charrue. Le champ d'expériences de 1883 comptait donc deux carrés d'essais traités identiquement comme les autres, sauf pour l'engrais, qui a été semé à la main dans les lignes tracées au rayonneur et recouvert d'une légère couche de terre, sur laquelle on a placé la graine, etc.

Les notes de culture (voir page 307) nous signalent d'abord l'observation intéressante que le commencement de la levée de ces deux parcelles était en retard de six jours, la levée complète en retard de huit jours, par rapport aux parcelles où l'engrais a été enterré par un labour. Il est vrai qu'après deux mois de végétation, les betteraves à levée tardive ont presque rattrapé les autres; cependant, elles sont loin d'arriver à la même production. La récolte nous renseigne, en effet, 8200 kilogrammes en moins que le rendement donné par les parcelles à engrais labouré en terre. Le retard de végétation qu'ont éprouvé les betteraves dont la graine a été semée simultanément avec l'engrais dans les lignes ressort aussi du rapport entre les racines et les feuilles, qui a monté à 1 : 0.64, tandis qu'il n'a été pour toutes les autres parcelles que de 1 : 0.51 à 0.54.

L'observation que nous venons de rapporter n'est d'ailleurs pas isolée. Déjà en 1882, à l'occasion de l'essai de culture d'une nouvelle variété de betterave à sucre, nous avons constaté identiquement le même fait. La graine a été semée sur deux parcelles; à part la fumure, toutes les autres conditions étaient égales; l'un des carrés n'a pas été fumé, tandis que l'autre a reçu une fumure de 400 kilogrammes de nitrate de soude et de 600 kilogrammes de superphosphate de chaux à l'hectare. L'engrais, mélangé avec son volume égal de terre sèche, a été semé dans les lignes en dessous de la graine. Plantée le 1er mai, la graine lève dans la première parcelle le 11, dans la seconde le 16,

donc avec un retard de 5 jours. Plusieurs grands producteurs de betteraves nous ont signalé des faits analogues.

Le retard de la levée des betteraves pourrait s'expliquer par un effet nuisible, une action corrosive exercée par le nitrate de soude ou l'acide phosphorique libre ou le phosphate acide de chaux de l'engrais artificiel sur le jeune embryon perçant l'enveloppe protectrice de la graine. Cependant, malgré les efforts que nous avons faits pour constater cette réaction en examinant bon nombre de graines qui se sont trouvées dans les conditions des expériences précitées, nous n'avons pu recueillir aucune observation à l'appui de cette explication. Il nous paraît donc plus probable que le retard de la levée a été produit par une autre cause. Les matières dont se composent les engrais chimiques sont très hygroscopiques ; elles s'emparent avec avidité de l'eau du sol pour se dissoudre. En se trouvant dans la proximité de la graine, elles soustraient donc à celle-ci une partie de l'eau du sol dont elle a besoin pour ramollir son péricarpe et liquéfier son endosperme.

Quelle que soit d'ailleurs l'explication à donner au fait observé, un retard de plusieurs jours dans la levée est un sérieux préjudice porté à une culture de betteraves. Nous admettons volontiers que, fréquemment, avec des conditions favorables de chaleur et de pluie, les betteraves en retard regagnent le temps perdu; mais il n'en est pas moins vrai que, par l'application de l'engrais chimique se faisant simultanément avec la mise en terre de la graine, le cultivateur court un grand risque. Une avance de quelques jours sauve souvent une récolte, tandis que des betteraves en retard sont compromises et même anéanties s'il arrive une période sans pluie et des vents desséchants, dont nos contrées souffrent si souvent au printemps.

Sans vouloir trancher d'une manière définitive le dernier point étudié dans nos recherches ayant rapport à l'emploi de l'engrais chimique dans les lignes, nous engageons les

producteurs de betteraves à contribuer à élucider cette question, afin de déterminer s'il n'est pas plus avantageux d'enterrer l'engrais artificiel par un labour profond que de l'appliquer dans les lignes en même temps que la graine. Nous allons d'ailleurs nous-même continuer à étudier le problème du meilleur mode d'application de l'engrais artificiel.

Il reste à condenser les résultats de nos recherches de 1881 à 1883; ils peuvent se résumer de la manière suivante :

L'engrais artificiel composé de superphosphate de chaux et de nitrate de soude, ou de superphosphate, de nitrate de soude, de sulfate d'ammoniaque et d'azote organique, appliqué au printemps, en terre sablo-argileuse, à la culture de la betterave à sucre, doit être enterré par un labour profond. L'enfouissement à la herse ou par un labour superficiel est insuffisant pour retirer de l'engrais son maximum d'effet, le pouvoir absorbant du sol sablo-argileux étant trop énergique pour que les éléments nutritifs puissent, même dans les années pluvieuses, descendre dans les couches inférieures du sol arable, où les racines pivotantes puisent leur nourriture.

Le mode différent d'emploi de l'engrais est sans influence sensible sur l'élaboration du sucre.

L'application de l'engrais dans les lignes en même temps que la plantation de la graine retarde la levée de plusieurs jours, ce qui peut compromettre une récolte par un printemps sans pluie et à vents desséchants. Des conditions climatériques favorables peuvent faire regagner à la betterave le retard éprouvé, sans qu'elle arrive cependant, d'après nos expériences, au même rendement que les betteraves sur engrais enterré par un labour et n'ayant éprouvé aucun retard dans leur levée.

Depuis la première publication de nos recherches, plu-

sieurs expérimentateurs ont vérifié nos conclusions par de nouveaux essais comparatifs. Ils ont été entièrement favorables à notre opinion.

M. Guinon, directeur de la Station agronomique de Châteauroux (France), écrit dans le rapport annuel sur ses travaux (1885, page 10) :

« Les essais sur la betterave ont porté sur l'enfouissement de l'engrais chimique à différentes profondeurs : à 10, à 15 et à 20 centimètres. Les résultats obtenus ont pleinement confirmé les expériences faites, en Belgique, par M. Petermann.

« Rendements à l'hectare :

« Jaune des Barres.	Engrais enfoui à	0m10 . .	23560 kil.
—	—	0m15 . .	27020 —
—	—	0m20 . .	31400 —

« Soit un excédent de 3460 kilogrammes pour l'engrais enfoui à 15 centimètres et de 7840 kilogrammes pour l'engrais enfoui à 20 centimètres, c'est-à-dire un supplément de 30 p. c. pour ce dernier cas. »

M. Van den Berghe, directeur du Laboratoire agricole de Roulers, a entrepris plusieurs expériences sur la pomme de terre dans un sol beaucoup plus léger que celui de Gembloux. Voici la conclusion de ses recherches : « L'épandage de l'engrais à la surface du sol a produit, dans les trois différents essais exécutés simultanément, un rendement moindre que l'enfouissement. L'augmentation obtenue en enterrant l'engrais est de 4.70, 9.90 et 10.10 p. c. »

(*Note de la seconde édition.*)

IV

CONSIDÉRATIONS

SUR L'ACHAT DE LA BETTERAVE[1]

L'industrie sucrière, fortement éprouvée depuis quelques années, considère la mauvaise qualité de la matière première qu'elle travaille comme une des principales causes de la situation défavorable contre laquelle elle a à lutter. Les plaintes des fabricants belges à cet égard sont justifiées; ainsi, il résulte de nombreuses analyses faites depuis 1872 à la Station agricole de Gembloux, comme des renseignements recueillis par nous sur divers points du pays, tant chez les industriels qu'auprès des chimistes, que le titre saccharin des betteraves ne dépasse pas, en moyenne, 10 p. c.[2].

Incontestablement, les circonstances météorologiques, les altérations, heureusement peu fréquentes, provoquées par les dégâts d'insectes ou occasionnées par des affections cryptogamiques, toutes causes dont le cultivateur n'a guère le pouvoir de conjurer les effets, peuvent être préjudiciables à la richesse de la racine. Mais, indépendamment de

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 12 (février 1876).

(2) Voir le tableau à la fin de ce volume. Si, pendant les dernières années, des efforts sérieux ont été faits pour l'amélioration de la betterave, ces efforts ont été trop isolés et tentés sur des surfaces trop restreintes pour avoir pu exercer une influence marquée sur la richesse saccharine moyenne du pays. (*Note de la seconde édition.*)

ces cas de force majeure, il existe une cause spéciale, tout artificielle, qui exerce cependant une influence capitale sur les qualités saccharines de la betterave livrée aux usines : cette cause réside dans le *mode de vente* en usage.

Pas n'est besoin d'entrer dans de longues explications pour faire ressortir les conséquences pratiques du système de vente habituellement adopté en Belgique. Lorsque le produit d'un champ de betteraves sucrières est vendu exclusivement en raison du poids, sans considération aucune de la qualité de la marchandise, le producteur est fort peu, si pas nullement, intéressé à livrer un produit riche en matière saccharine; il vise surtout à fournir le maximum possible de récolte. De plus, outre une faible richesse en sucre, celui-ci est alors accompagné d'une proportion considérable de matières étrangères; dès lors, non seulement le rendement en sucre est faible, mais le travail industriel d'extraction est rendu difficile.

Grâce à ce système, l'agriculture s'est exposée aux plus graves reproches de la part de l'industrie. Des expédients plus ou moins correctifs et fort variés ont été mis en œuvre, beaucoup de luttes se sont engagées et ne se sont parfois terminées que par solution judiciaire. Le plus usité de ces expédients est le suivant : le fabricant cherche une garantie à ses intérêts en imposant au cultivateur l'usage d'une graine déterminée; mais cette convention conduit à des abus malheureusement trop fréquents. Ainsi, lorsque les semences proviennent de betteraves non acclimatées (circonstance qui se réalise d'autant plus souvent que le fabricant ne produit pas lui-même la semence et qu'il remet ainsi une graine qu'il ne connaît que par l'éloge qu'on lui en a fait et le prix qu'il en a payé), ou de variétés riches, mais à faible rendement, les espérances du cultivateur sont rapidement déçues. L'aspect des plantes provenant d'une graine semblable est caractéristique : leur végétation est souffreteuse, le feuillage est peu abondant, repose sur le sol

sous forme de rosette, et, à la récolte, les produits en racines sont en rapport avec le développement chétif de l'appareil foliacé. Cependant le cultivateur n'est pas entièrement désarmé. Pour compenser, si possible, la perte dont il est souvent menacé par l'usage d'une graine imposée, il a recours à l'emploi abondant d'engrais azotés, qu'il répand peu de temps avant ou lors du semis; il plante à de grandes distances, de manière à produire des racines qui pèsent 1 à 2 kilogrammes, mais qui ne renferment que 7 à 8 p. c. de sucre et qui accusent un quotient de pureté tel, que le fabricant redoute de les travailler.

Le fabricant de sucre connaît très bien l'influence fâcheuse qu'exercent certains engrais sur la composition de la racine, au point qu'il en interdit parfois l'emploi dans la culture de la betterave. Il en est ainsi, par exemple, du purin, des fortes fumures à l'engrais d'étable appliquées après l'hiver, des engrais chimiques riches en nitrates, sels qui, employés en excès, sont éminemment nuisibles à la qualité des betteraves et même des sucres bruts, ainsi que le démontrent encore les recherches de M. Maumené et celles de M. Corenwinder. Toutefois, si cette restriction est justifiée, on ne peut en dire autant de celle qui consiste à imposer au cultivateur l'obligation d'employer, en quantités données, des engrais déterminés. Cette prescription enfreint les enseignements de la chimie agricole et constitue une entrave inexcusable à la liberté de la culture. Le choix rationnel des engrais auxiliaires ne dépend pas exclusivement des besoins apparents de la plante qui doit occuper le sol; il résulte de données très complexes : les conditions physiques du sol, sa composition élémentaire et surtout l'exportation totale en principes nutritifs infligée au domaine par la culture entière sont des facteurs à considérer dans les résolutions à prendre au sujet des matériaux complémentaires à incorporer au sol pour assurer la production.

Cette divergence dans les moyens auxquels le producteur et l'industriel croient devoir recourir pour garantir leurs intérêts a fait naître une situation absolument anormale; il semble que l'industrie et l'agriculture doivent être en conflit dans la question qui nous occupe, alors cependant qu'il y a solidarité entre elles. C'est une banalité de dire qu'il faut des betteraves aux fabriques; mais il est vrai aussi que la culture de cette racine s'impose, en quelque sorte, à la plupart de nos exploitations agricoles. Il faut donc qu'un accord intervienne et que le conflit cesse bientôt, parce que les industriels et les producteurs souffrent de l'état actuel des choses N'avons-nous pas vu, dans ces dernières années, imposer à certains cultivateurs des contrats qui ont plutôt les allures de règlements de police que de conventions librement débattues entre acheteur et vendeur? N'a-t-on même pas été jusqu'à préconiser une coalition des fabricants en vue d'imposer à l'agriculture un prix maximum de vente de ses produits et, par contre, le conseil n'a-t-il pas été donné aux cultivateurs d'entrer en grève et de s'abstenir momentanément de cultiver la betterave? Il est donc urgent de chercher à mettre fin à une situation qui suscite de pareilles dérogations aux lois économiques les plus élémentaires.

On n'apprécie pas suffisamment en Belgique l'importance de cette question. Constatons cependant que, depuis quelques années déjà, des efforts ont été tentés en vue de réformer les conditions de vente de la betterave et d'améliorer les variétés cultivées. La presse, de son côté, s'est occupée de la question, et *la Sucrerie belge* surtout a signalé à différentes reprises les dangers que crée la situation actuelle. Enfin, tout récemment, au mois de mars 1874, un grand nombre de cultivateurs et de fabricants se sont réunis pour aborder la discussion de la question et tous ont été unanimes à approuver la réforme qui s'impose : la vente basée sur la richesse saccharine. La stipulation des

prix eu égard à la qualité de la marchandise est, en effet, l'unique mode logique et équitable pour tous; il se répandra de plus en plus : ainsi, le prix des minerais s'apprécie d'après leur richesse en métal, les engrais se payent suivant leur titre en principes fertilisants et les aliments proportionnellement à leur richesse en éléments nutritifs; déjà, quelques féculeries règlent le prix d'achat d'après la teneur des pommes de terre en fécule.

La betterave doit donc être vendue à un prix en rapport avec sa valeur intrinsèque, avec sa qualité. Par là seulement on mettra un terme à la lutte qui s'élève entre les producteurs et les consommateurs. Le fabricant sera alors dispensé d'imposer la graine au cultivateur et de surveiller l'emploi qu'on lui donne, comme aussi de s'immiscer dans les opérations de culture en défendant l'usage de tel ou tel engrais. D'autre part, le cultivateur sera directement intéressé à obtenir des racines riches en sucre, et la liberté d'action(1) dont il jouira sera assurément mise en œuvre pour récolter abondamment à tous les points de vue. En effet, il trouvera avantage, sous le régime que nous défendons, à produire moins de kilogrammes vendus d'après leur qualité que par le système actuel, abstraction faite de la réduction des frais d'ensilage et de transport qu'entraînent la récolte et la livraison de quantités plus considérables. Le cultivateur ne doit pas non plus oublier que, par l'exportation des betteraves, il exporte, outre le sucre, les éléments les plus précieux de son sol, c'est-à-

---

(1) L'achat sur analyse, en affranchissant le producteur de betteraves de la tutelle du fabricant, lui permet de rechercher partout ses débouchés. Tandis qu'il était, auparavant, par la force des choses, contraint de subir les exigences de l'usine de ses environs, le marché s'est élargi. C'est ainsi que des betteraves des provinces de Namur et de Liège sont maintenant travaillées dans les Flandres et en France.

(*Note de la seconde édition.*)

dire une certaine proportion de principes fertilisants. Ainsi, il vendra, en moyenne[1], dans 1000 kilogrammes de betteraves, 3.9 kilogrammes de potasse, 1.6 kilogramme d'azote et 0.8 kilogramme d'acide phosphorique et, s'il cultive, par exemple, 15 hectares de betteraves à sucre, qui rendent à l'hectare 40000 kilogrammes de bonnes betteraves au lieu de 55000 kilogrammes de qualité inférieure, il ménage son sol d'une façon très marquée, car il lui conserve 878 kilogrammes de potasse, 360 kilogrammes d'azote et 180 kilogrammes d'acide phosphorique, quantités qui, pour être restituées, au cours actuel des engrais, exigeraient une dépense de 1,100 à 1,200 francs[2].

---

(1) Voir *la Composition moyenne des principales plantes cultivées*, par A. Petermann, Bruxelles; Mayolez. (3e édition).

(2) Nous avons admis dans ce calcul la même composition moyenne pour la betterave mauvaise que pour la betterave de bonne qualité. MM. Pagnoul et Leloup tirent de leurs expériences la conclusion que les betteraves sont d'autant plus pauvres en matières salines qu'elles sont plus riches en sucre, et réciproquement. La betterave riche en sucre épuiserait donc moins le sol, non seulement parce que son rendement en poids est plus faible, mais aussi parce qu'elle présente cet avantage de prendre au sol, pour le même poids de betterave, une quantité moindre de matières salines que la betterave pauvre. M. Cartuyvels a déjà relevé (*Sucrerie belge*, 1874) que cette conclusion est loin d'avoir une valeur générale. De plus, d'après les expériences faites par M. Kohlrausch et nous (*Oest. Organ für Zuckerrübenindustrie*, 1872, page 171), huit betteraves cultivées chacune dans un sol artificiel sous l'influence de différents engrais ont donné, pour un titre saccharin fort variable, un taux de cendres qui ne descend nullement avec l'augmentation du sucre. La même observation a été faite par nous en 1873, à Gembloux. Onze variétés de betteraves à sucre cultivées en plein champ ont donné les chiffres suivants :

1 litre de jus renferme :

Collet rose	87.96	gr. de sucre et	10.23 gr.	de cendres.
Impér. accl. Zaman . .	92.10	—	10.76	—
Silésie collet rose, accl. Zaman	97.71	—	10.64	—
Blanche, collet vert accl.	103.79	—	10.14	—
Impér. accl. Vilmorin .	104.30	—	11.73	—
Electorale accl. . . .	106.31	—	10.44	—

Mais la mise en pratique de cette manière de conclure les achats de betteraves soulève la difficulté suivante : Quelle sera la base admise pour établir la richesse saccharine?

On a proposé, de divers côtés, de fixer le prix suivant la *densité du jus*. C'est ainsi que l'on a émis l'idée de payer une betterave de 1.050 de densité au prix de 20 francs les 1000 kilogrammes et d'augmenter ou de diminuer le prix de 40 centimes pour chaque dixième de degré. A la réunion des cultivateurs et industriels belges à laquelle nous avons fait allusion plus haut, il a été proposé de payer :

En septembre,	par degré du densimètre,	fr. 4.50
Du 1er oct. au 15 nov.,	—	4.00
Du 15 nov. au 5 déc.,	—	4.25
Du 5 déc. à la fin de la campagne,	—	4.50

Nous signalons ces chiffres sans insister, parce que nous considérons la densité du jus comme un critérium tout à fait insuffisant pour apprécier la valeur d'une betterave à sucre. Nous reproduirons à ce sujet ce que nous avons dit dans une note adressée en juin 1874 à la réunion tenue à Bruxelles par des fabricants et industriels belges :

« La vente de la betterave d'après la densité du jus, mode qui a été proposé de divers côtés et qui se pratique dans deux ou trois sucreries du pays, est un incontestable pas en avant. Mais ce n'est qu'une demi-mesure; bientôt les sucreries la déclareront insuffisante et réclameront

Blanche d'Asckersleben.	113.75	gr. de sucre et	11.03	gr. de cendres.
Breslau, accl. Vilmorin.	115.76	—	9.89	—
Blanche collet rose . .	119.48	—	12.50	—
Magdebourg accl. Vilmorin	128.94	—	11.23	—
Améliorée Vilmorin. .	148.14	—	7.86	—

de nouveau un changement dans le mode de vente (1).

« Le mode de vente d'après la densité est insuffisant (2), parce qu'il est reconnu que la densité des jus dépend non pas exclusivement de leur richesse en sucre, mais aussi de leur teneur, d'ailleurs très variable, en substances étrangères diverses (sels et matières organiques).

« Le seul mode de vente qui offrirait des garanties positives d'exactitude et qui sauvegarderait complètement et les intérêts des cultivateurs et ceux de l'industrie serait celui de la vente basée sur l'analyse chimique de la betterave. »

Quant à la pratique du système, nous l'indiquions aussi dans la note prérappelée, et ce dans les termes suivants :

« Quatre ou cinq fois pendant la livraison, soit au moment où l'on décharge des betteraves à l'usine, soit lorsqu'on procède à la fixation de la tare, on prendrait des échantillons qui seraient analysés par le chimiste choisi par l'industriel et par celui du cultivateur. La moyenne des différentes analyses servirait pour fixer le titre de la betterave.

« Un règlement arrêté entre cultivateur et fabricant fixerait le nombre des analyses à faire pour une quantité donnée de betteraves (3), arrêterait les principes du choix

---

(1) C'est ce qui est arrivé en France, où l'on a adopté l'achat sur densité. M. Vivien, dans le *Journal d'Agriculture pratique*, a démontré dernièrement les inconvénients de ce système et disait : « On n'a pas adopté la vente au degré saccharimétrique ou au degré de sucre ; *cependant cette dernière base est la seule exacte.* »

Les fabricants de sucre de la Hesbaye ont également remplacé l'achat d'après la densité par l'achat basé sur le dosage du sucre. (Lonay, *La culture de la betterave sucrière*, page 101.)

(*Note de la seconde édition.*)

(2) Voir annexe I.

(3) A la réunion de Bruxelles, on a considéré comme suffisante l'analyse d'un échantillon de douze betteraves par 50000 kilogrammes. Cette question doit être résolue expérimentalement. Il résulte des essais faits depuis la première publication de ce travail qu'en général l'analyse d'un échantillon de betteraves ou, mieux, la moyenne de deux échantillons



des échantillons[1], établirait, en un mot, toutes les conditions à remplir pour garantir une bonne exécution du marché.

« A première vue, ce mode de vente semble présenter de grandes difficultés pratiques; mais elles ne sont pas insurmontables et nous avons la conviction que c'est le système de l'avenir[2].

« Le nombre des chimistes attachés aux sucreries augmente d'année en année en Belgique; les laboratoires agricoles publics que l'on pourrait charger des ana-

---

convenablement pris, suffit pour établir le titre saccharin de la récolte d'un hectare, car le chiffre ainsi obtenu ne s'écarte que très peu de celui qui résulte de l'analyse d'un grand nombre d'échantillons pris dans le même lot.

(1) Voir, relativement au choix de l'échantillon, les pages 267 et 305 et, relativement aux précautions à prendre dans l'expédition des échantillons, *Annexe II.*

(2) Le système est, du reste, déjà du domaine de la pratique. Les *Sucreries centrales de Wanze* et la *Sucrerie de Strée* ont essayé l'achat d'après analyse depuis le commencement de cette campagne (1875). Suivant les renseignements que nous devons à l'obligeance de MM. Corr et Hubert, directeurs de ces établissements, le nouveau système a marché à l'entière satisfaction des parties intéressées. Beaucoup de fabriques se proposent de l'employer pour la campagne prochaine.

Depuis la publication de ce travail (1875) jusqu'à la fin de 1885, plus de 10000 lots de betteraves ont été achetés d'après les analyses des stations et laboratoires agricoles belges. En écrivant, il y a dix ans, que l'achat de la betterave sur analyse était le système de l'avenir, nous ne nous étions pas trompé. Il est entré maintenant dans les habitudes et il existe en Belgique peu de fabriques où il ne soit pas encore adopté.

(*Note de la seconde édition.*)

A l'étranger aussi, on se met à l'œuvre. M. Kohlrausch, chimiste de la Société des fabricants de sucre autrichiens, plaide activement en Autriche-Hongrie pour l'extension de ce système. En France, où l'on fait de grands efforts pour traverser la crise actuelle, où l'on a même créé des concours spéciaux pour l'amélioration de la betterave, M. Dehérain a recommandé dernièrement (Congrès de Nantes) l'achat de la betterave sur analyse; M. Barral, à différentes reprises, a traité cette question dans le *Journal de l'Agriculture*, et M. Ville, dans une conférence faite à Bruxelles, a également démontré la nécessité qui s'impose de concilier les intérêts des cultivateurs et ceux des industriels.

lyses n'étant plus rares, la réforme proposée serait, quant au point principal, facilement réalisable. »

En admettant, en principe, de baser le prix de la betterave sur l'analyse chimique, comment opérerait-on? Nous avons, dans le temps, proposé de fixer un prix normal pour la betterave renfermant 10 p. c. de sucre et d'augmenter ou de diminuer le prix en raison de l'augmentation ou de la diminution du titre saccharin, tout en laissant au fabricant le droit de refuser toute betterave dont le quotient de pureté descendrait en dessous de 70. Nous devons reconnaître que ce mode reposait trop exclusivement sur la teneur en sucre et qu'il vaut mieux lui substituer une autre base, celle de la *valeur proportionnelle du jus*, laquelle est représentée par le produit que l'on obtient en multipliant par le quotient de pureté la quantité de sucre qui se trouve dans 100 grammes de jus. Bien que la valeur proportionnelle ne soit qu'un chiffre de pure convention, nous n'en possédons point d'autre qui caractérise aussi bien la véritable qualité de la betterave(1), parce qu'il exprime la relation entre le titre saccharin et la quantité de matières étrangères (organiques et minérales) accompagnant le sucre et qui ont une si grande influence sur le rendement du travail industriel. La commission nommée par l'assemblée de Bruxelles, tout en ayant admis l'achat d'après la densité du jus, — parce qu'elle a reculé, ce qui est regrettable, devant les difficultés pratiques que semble présenter l'achat d'après l'analyse, — recommande cependant aussi, pour le cas où ce mode d'achat se répandrait, l'évaluation en raison de la valeur proportionnelle(2).

(1) Nous sommes d'avis que la quantité de jus est un facteur qui peut être négligé, sauf pour des cas spéciaux, dans l'appréciation de la qualité des betteraves. Elle varie dans des limites plus faibles qu'on ne le croit généralement (voir aussi page 269). Tel est encore l'avis de M. Pagnoul.

(2) M. Demarrez, directeur de la Sucrerie de Velm, la recommande également. (*Sucrerie belge*, 1875, page 332.)

Il est nécessaire, au surplus, que le prix de la betterave varie avec l'époque où elle est fournie; le cultivateur doit être dédommagé de la perte qu'il éprouve lorsqu'il opère la récolte déjà au commencement de septembre, époque à laquelle la betterave n'est presque jamais arrivée à son complet développement, ou il doit être dédommagé pour les frais d'ensilage, lorsqu'il la fournit seulement pendant le mois de décembre. Tenant compte de ces considérations, on peut établir de la manière suivante le prix de 1000 kilogrammes de betteraves, basé sur la valeur proportionnelle du jus :

Prix de 1000 kilogrammes de betteraves à sucre, dont le jus a une valeur proportionnelle de :

	Septembre.	1er oct. au 15 nov.	15 nov. au 15 déc.	15 déc. à la fin de la campagne.
7.0	Fr. 18.55	Fr. 17.50	Fr. 18.20	Fr. 18.90
7.5	» 19.88	» 18.75	» 19.50	» 20.25
8.0	» 21.20	» 20.00	» 20.80	» 21.60
8.5	» 22.53	» 21.25	» 22.10	» 22.95
9.0	» 23.85	» 22.50	» 23.40	» 24.30
9.5	» 25.18	» 23.75	» 24.70	» 25.65
10.0	» 26.50	» 25.00	» 26.00	» 27.00
10.5	» 27.83	» 26.25	» 27.30	» 28.35
11.0	» 29.15	» 27.50	» 28.60	» 29.70

Les chiffres du tableau précédent ont été obtenus en attribuant à l'unité de valeur proportionnelle du jus un prix de :

Septembre	fr. 2.65
1er oct. au 15 nov.	» 2.50
15 nov. au 15 déc.	» 2.60
15 déc. à la fin de la campagne.	» 2.70

Ces chiffres ne servent que pour bien fixer les idées; il est évident qu'ils sont variables dans les différentes régions

d'un pays, variables avec les années et variables sous l'influence de la loi de l'offre et de la demande.

Pour résumer ce travail, écrit dans le but d'apporter quelques matériaux à la solution du grave problème qui s'agite en ce moment entre l'industrie sucrière et l'agriculture, nous dirons :

De la part de l'agriculture, il s'agit désormais de produire une betterave d'un titre plus élevé que le titre moyen obtenu actuellement, et l'industrie doit payer la betterave en raison de sa richesse saccharine et de sa pureté, c'est-à-dire en se basant sur la valeur proportionnelle de la matière première qu'on lui offre.

ANNEXE I.

TABLEAU

DÉMONTRANT QUE LA DENSITÉ DU JUS

NE CORRESPOND PAS TOUJOURS A SA RICHESSE SACCHARINE PAS PLUS QU'A LA VALEUR INDUSTRIELLE DE LA BETTERAVE.

Quoiqu'il soit reconnu depuis longtemps que la densité du jus seule est loin d'exprimer la qualité de la betterave, il ne nous paraît pas inutile d'attirer encore l'attention sur cette importante question, parce que l'on en revient toujours à proposer la densité du jus comme critérium de la valeur de la betterave. Les chiffres suivants, choisis à titre d'exemples dans un grand nombre d'analyses de betteraves de diverses variétés, de différentes années et obtenues dans des conditions culturales variées, sont extraits des registres de la Station agricole. Ils sont d'une éloquence telle, qu'ils se passent de commentaires. Que l'on examine seulement, à titre d'exemple, les colonnes correspondant à la densité de 1.053. Elles mentionnent dix analyses de betteraves dont le jus, pour toutes les dix, pèse 1.053; par conséquent, ces betteraves auraient la même valeur pour ceux qui acceptent la densité comme base de transaction. Mais l'inspection des chiffres résultant de l'analyse chimique du jus nous prouve que leur titre saccharin varie de 9.74 à 12.52 et

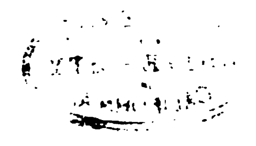
leur valeur-argent de 17 fr. 77 c. à 29 fr. 35 c. les 1000 kilogrammes[1]. Nous ajoutons, pour les personnes non initiées aux analyses, que la colonne *Valeur proportionnelle* a été obtenue en multipliant le poids du sucre contenu dans 100 grammes de jus par le quotient de pureté [2] et *la valeur industrielle de* 1000 *kilogrammes de betteraves* a été établie en multipliant la valeur proportionnelle par 2 fr. 70 c.

---

(1) M. Vivien, en défendant la même thèse, cite l'exemple de deux lots de betteraves analysés par lui qui, ayant à peu près le même titre saccharin (11.27 et 10.86 p. c.) et le même rendement industriel (7.75 et 7.89), mais une densité de jus très différente (1061 et 1054), ont été payés respectivement 21 francs et 13 fr. 70 c. les 1000 kilogrammes, soit un écart de prix entre les lots de 30 p. c. (*Journal d'Agriculture pratique*, septembre 1885.)

Le conseil d'administration de la Société générale des fabricants de sucre de Belgique est du même avis : il a toujours soutenu que, s'il y a souvent une certaine concordance entre la densité et la richesse, il y a aussi très fréquemment entre ces deux éléments des écarts tellement importants que l'on s'expose à commettre de graves erreurs en basant sur la densité la teneur présumée en sucre. (*Sucrerie belge*, 1884, n° 13.)

(2) Le tableau suivant renferme quelques quotients de pureté extraordinairement hauts (maximum 95.36) et d'autres très bas (minimum 62.93). De pareilles exceptions ont déjà été signalées par d'autres chimistes.



N° D'ORDRE.	VARIÉTÉ DE LA BETTERAVE.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 cc. de jus.	VALEUR proportionnelle du jus.	VALEUR-ARGENT de 1000 kilogr. de betteraves.
					Francs.
1	Indigène (1)	1.040	8.79	7.16	19.33
2	. . . .	1.042	7.40	4.85	13.10
3	. . . .	—	7.30	4.71	12.72
4	Indigène	—	8.53	6.46	17.44
5	Collet rose	1.043	7.97	5.45	14.72
6	. . . .	—	10.50	9.41	25.41
7	Impériale acclimatée . .	1.044	9.22	7.17	19.36
8	. . . .	—	7.89	5.24	14.15
9	. . . .	1.045	7.50	4.60	12.42
10	. . . .	—	10.18	8.45	22.82
11	. . . .	—	11.16	10.19	27.51
12	Collet rose acclimatée . .	—	9.77	7.81	21.09
13	. . . .	1.046	10.39	8.65	23.36
14	Indigène	—	9.65	7.49	20.22
15	Id.	1.047	10.63	8.88	23.98
16	. . . .	—	10.50	8.68	23.44
17	. . . .	—	11.13	9.75	26.33
18	Collet rose acclimatée .	—	11.19	9.93	26.81
19	Indigène	—	9.38	6.92	18.68
20	. . . .	1.048	8.62	5.69	15.36
21	. . . .	—	8.70	5.81	15.69
22	Indigène	—	11.43	10.00	27.00
23	. . . .	—	11.06	9.35	25.25
24	. . . .	—	10.69	8.74	23.60
25	. . . .	—	9.93	7.55	20.39
26	Collet rose acclimatée . .	—	9.24	6.45	17.42
27	Impériale.	—	10.43	8.32	22.46
28	. . . .	1.049	8.64	5.61	15.15
29	. . . .	—	9.16	6.30	17.01
30	. . . .	—	11.59	10.09	27.24
31	. . . .	—	10.19	7.81	21.09
32	. . . .	—	10.25	7.90	21.33
33	. . . .	—	9.98	7.46	20.14
34	. . . .	—	11.30	9.57	25.84
35	Électorale	—	10.83	8.80	23.76
36	. . . .	1.050	9.30	6.35	17.15
37	. . . .	—	9.50	6.69	18.06
38	. . . .	—	8.13	4.87	13.15
39	. . . .	—	11.08	9.07	24.49
40	. . . .	—	11.86	10.38	28.08
41	. . . .	—	11.73	10.14	27.38
42	. . . .	—	10.45	8.06	21.76

(1) Voir page 263.



N° D'ORDRE.	VARIÉTÉ DE LA BETTERAVE.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 cc. de jus.	VALEUR proportionnelle du jus.	VALEUR-ARGENT de 1000 kilogr. de betteraves.
					Francs.
43	Breslau	1.050	10.31	7.86	21.22
44	Indigène	—	9.96	7.34	19.82
45	. . . .	1.051	10.90	8.52	23.00
46	. . . .	—	11.99	10.33	27.89
47	. . . .	—	11.65	9.76	26.35
48	. . . .	—	10.08	7.31	19.74
49	. . . .	—	12.43	11.11	30.00
50	Indigène	—	10.93	8.57	23.14
51	. . . .	—	9.23	6.12	16.52
52	. . . .	1.052	8.50	5.10	13.71
53	. . . .	—	11 16	8.81	23.79
54	. . . .	—	11.96	10.10	27.27
55	. . . .	—	11.31	9.04	24.41
56	. . . .	—	11.05	8.63	23.30
57	. . . .	—	10.40	7.64	20.63
58	Indigène	—	10.06	7.14	19.28
59	. . . .	1.053	9.80	6.67	18.01
60	. . . .	—	12.52	10.87	29.35
61	. . . .	—	11.27	8.79	23.73
62	. . . .	—	10.94	8.32	22.46
63	. . . .	—	10.56	7.75	20.93
64	. . . .	—	11.14	8.63	23.30
65	Collet rose	—	11.95	9.91	26.76
66	Collet vert	—	11.26	8.79	23.73
67	Indigène	—	10.28	7.34	19.82
68	. . . .	—	9.74	6.58	17.77
69	. . . .	1.054	9.50	6.10	16.47
70	. . . .	—	12.35	10.33	27.89
71	. . . .	—	12.05	9.84	26.57
72	. . . .	—	10.85	7.98	21.55
73	. . . .	—	11.36	8.72	23.54
74	Breslau	—	12.15	10.00	27.00
75	. . . .	1.055	10.00	6.66	17.98
76	. . . .	—	10.20	6.93	18.71
77	. . . .	—	10.13	6.83	18.44
78	. . . .	—	10.07	6.74	18.20
79	. . . .	—	9.75	6.32	17.06
80	. . . .	—	9.98	6.63	17.90
81	. . . .	—	12.12	9.78	26.41
82	. . . .	—	12.53	10.44	28.19
83	. . . .	—	11.58	8.93	21.11
84	Indigène	—	12.43	10.30	27.81
85	Vilmorin améliorée . .	—	11.85	9.34	25.22
86	Collet rose	—	10.10	6.78	18.31
87	. . . .	1.056	10.74	7.55	20.39

N° D'ORDRE.	VARIÉTÉ DE LA BETTERAVE.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE dans 100 cc. de jus.	VALEUR proportionnelle du jus.	VALEUR-ARGENT de 1000 kilogr. de betteraves.
					Francs.
88	. . . .	1.056	10.00	6.55	17.69
89	. . . .	—	9.52	5.94	16.04
90	. . . .	—	13.45	11.85	32.00
91	. . . .	—	13.29	11.57	31.24
92	. . . .	—	11.93	9.32	25.16
93	Collet vert . . .	—	13.24	11.48	31.00
94	Collet rose acclimatée .	—	11.79	9.10	24.57
95	Id.	—	11.39	8.50	22.95
96	Id.	—	10.61	7.37	19.90
97	Indigène	—	10.38	7.05	19.04
98	. . . .	1.057	11.36	8.24	22.25
99	. . . .	—	9 80	6.14	16.58
100	. . . .	—	9 37	5.61	15.15
101	. . . .	—	10.40	6.92	18.68
102	. . . .	—	13.38	11 45	30.92
103	. . . .	—	12.25	9.61	25.95
104	Magdebourg. . . .	—	12.89	10.61	28.65
105	Electorale . . .	—	13.15	11.05	29.84
106	Vilmorin améliorée . .	—	10.72	7.34	19.82
107	Knauer	1.058	10.85	7.41	20.01
108	. . . .	—	14.08	12.48	33.70
109	Impériale	—	12.92	10.49	28 32
110	Electorale	—	13.52	11.50	31.05
111	Id.	—	12.63	10.06	27.16
112	Indigène .	—	13.25	11.03	29.78
113	Breslau	—	12.09	9.20	24.84
114	Collet rose	—	10.83	7.38	19.93
115	Breslau	—	10.85	7.41	20.01
116	Collet rose . . .	—	11.65	8.54	23.06
117	Id.	1.059	13.29	10.94	29.54
118	. . . . . .	—	13.86	11.90	32.13
119	Indigène	—	13.62	11.47	30.97
120	. . . .	—	12.36	9.45	25.52
121	Breslau	—	11.61	8.35	22.55
122	. . . .	1.060	11.30	7.73	20.87
123	Blanche de Silésie . .	—	14.29	12.36	33.37
124	Impériale	—	13.35	10.78	29.11
125	Magdebourg.	—	13.61	11.21	30.27
126	Vilmorin améliorée . .	—	13.02	10.25	27.68
127	Indigène	—	11.47	7.96	21.49
128	. . . .	1.061	11.54	7.94	21.44
129	Knauer	—	12 20	8.88	23.98
130	. . . .	—	14.87	13.19	35.61
131	Collet vert	—	14 32	12.23	33.02
132	Breslau	—	12.04	8.63	23 30

N° d'ordre.	Variété de la betterave.	Densité du jus.	Sucre dans 100 cc. de jus.	Valeur proportionnelle du jus.	Valeur-argent de 1000 kilogr. de betteraves.
					Francs.
133	Indigène	1.061	13.08	10.20	27.34
134		1.062	11.00	7.11	19.20
135	Knauer	—	12.70	9.46	25.54
136	Collet vert	—	14.70	12.69	34.26
137		—	15.01	13.22	35.69
138		—	13.20	10.24	25.65
139		—	12.07	8.56	23.11
140		—	14.16	11.78	31.81
141	Électorale	1.063	13.14	9.93	26.81
142		—	11.10	7 08	19.12
143	Knauer	—	11.85	8.07	21.79
144	Id.	—	13.07	9.81	26.49
145	Collet vert	—	14.58	12.22	32.99
146	Breslau	—	13.22	10.04	27.11
147		1.064	11.48	7.46	20.14
148	Indigène	—	14.30	11.58	31.27
149		1.065	11.15	6.92	18.68
150	Knauer	—	12.21	8.28	22.38
151		—	14.51	11.65	31.46
152	Breslau	—	15.03	12.53	33.83
153	Magdebourg	—	13.98	10.83	29.24
154		1.066	14.65	11.72	31.64
155		—	11.90	7.74	20.90
156	Impériale	—	15.27	12.74	34.40
157	Knauer	—	12.06	7.90	21.33
158		1.067	14.26	10.96	29.59
159	Indigène	—	15.14	12.35	33.35
160		—	15.70	13.28	35.86
161		—	16.10	13.97	37.72
162	Vilmorin améliorée	—	15.56	13.04	35.21
163	Id.	—	15.74	13.35	36.05
164	Knauer	1.068	14.53	11.14	30.08
165	Magdebourg	—	15.71	13.07	35.29
166	Knauer	1.069	14.86	11.51	31.08
167	Impériale	—	15.94	13.20	35.64
168		1.070	12.19	7.63	20.60
169	Vilmorin améliorée	—	14.60	10.95	29.57
170		—	16.01	13.16	35.53
171	Vilmorin améliorée	1.071	16.89	14.46	39.04
172	Id.	1.072	16.96	14.30	38.61
173	Id.	—	16.01	12.74	31.40
174	Id.	—	14.88	11.01	29.73
175		1.073	16.42	13.23	35.73
176	Vilmorin améliorée	1.075	17.45	14.55	39.29
177	Id.	—	18.14	15.72	42.44

ANNEXE II.

ESSAIS

SUR

L'ÉVAPORATION DE LA BETTERAVE

SUIVANT LE MODE DE CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS.

Les essais suivants ont été entrepris dans le but d'étudier la concentration du jus qui résulte de l'évaporation de l'eau de betteraves entières et de betteraves coupées en deux, exposées à l'air libre ou conservées sous cloche. Cette étude devait nous renseigner sur le point de savoir si le temps qu s'écoule souvent entre la prise de l'échantillon et l'analyse de la betterave, et qui atteint quelquefois 5 à 6 jours lorsque l'expédition au chimiste n'a pas été faite par grande vitesse, peut influencer sur la composition des racines à examiner.

On a choisi pour l'expérience deux betteraves *Breslau* parfaitement saines; l'une est restée à l'air libre, seulement couverte d'une feuille de papier, afin de la préserver de la poussière; l'autre a été placée sous une cloche qui reposait sur du mercure. Cette disposition a été prise pour représenter la conservation en silos clos. Les deux betteraves se trouvaient dans le même local, dont la température moyenne était pendant l'expérience de 12° C.

22

Il résulte de l'examen du tableau suivant que la perte totale subie par la betterave conservée sous cloche a été

DATES DES PESÉES.	BETTERAVE SOUS CLOCHE.		BETTERAVE A L'AIR LIBRE.	
	POIDS constaté.	PERTE entre chaque pesée.	POIDS constaté.	PERTE entre chaque pesée.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
12 novembre 1873.	333.82	»	410.72	»
15 » »	332.49	1.33	387.90	22.82
18 » »	331 86	0.63	379.28	8.62
21 » »	331.30	0.56	364.45	14.83
24 » »	331.22	0.08	356.12	8.33
28 » »	331.11	0.11	346.53	9.59
2 décembre »	330.81	0.30	335.50	11.03
6 » »	330.50	0.31	330.00	5.50
9 » »	330.00	0.50	315.60	14.40
16 » »	329.81	0.19	296.29	19.31
29 » »	329.65	0.16	276.80	19.49
3 janvier 1874.	329.40	0.25	266.20	10.60
7 » »	329.22	0.18	257.20	9.00
15 » »	329.00	0.22	242.40	14 80
24 » »	328.43	0.57	230.65	11.75
9 février »	327.40	1.03	204.45	26.20
PERTE TOTALE :		6.42		206.27

de 1.92 p. c. de son poids initial; cette perte insignifiante peut être attribuée à l'influence des fréquentes pesées; car,

pendant les pesées, la betterave se trouvait naturellement dans l'atmosphère sèche de la balance. La chair était restée blanche et cassante, la peau parfaitement lisse.

La betterave restée à l'air libre avait évaporé pendant 89 jours 206 gr. 27, c'est-à-dire 50.22 p. c. de son poids initial; elle était toute ratatinée et coriace, il fut tout à fait impossible de la râper pour en extraire le jus. Si la perte subie pendant trois mois est considérable, celle subie pendant les six premiers jours n'est pas non plus négligeable, puisqu'elle atteint 7.65 p. c. du poids initial.

Quelle peut être l'influence de cette évaporation sur le titre saccharin de la betterave? Calculons ce qu'est devenu le titre saccharin d'une betterave de 11 p. c. de sucre, après une période de 6 jours, pendant laquelle elle a évaporé 7.65 p. c. d'eau.

100 grammes de betterave renfermaient 11 grammes de sucre; $100 - 7.65 = 92.35$ grammes de betterave renferment encore 11 grammes de sucre. Le titre saccharin de cette betterave devient donc $\frac{100 \times 11.00}{92.35} = 11.91$ p. c.; par conséquent, il a augmenté de 0.91 p. c.

Cette indication prouve la nécessité de restreindre autant que faire se peut le temps qui s'écoule entre la prise d'échantillon et l'analyse, et de choisir un emballage qui empêche le plus possible l'évaporation.

La concentration du jus devient encore plus forte lorsqu'on opère sur des betteraves coupées en deux. On expédie quelquefois aux chimistes des demi-betteraves, afin de permettre aux experts des deux parties intéressées d'opérer sur des échantillons identiques.

Le tableau suivant indique, jour par jour, les pertes subies par trois demi-betteraves restées à l'air libre, seulement couvertes d'une feuille de papier pour les préserver de la poussière.

DATE DES PESÉES.	BETTERAVE I.		BETTERAVE II.		BETTERAVE III.		TEMPÉRATURE OBSERVÉE.
	POIDS CONSTATÉ.	PERTE entre chaque pesée.	POIDS CONSTATÉ.	PERTE entre chaque pesée.	POIDS CONSTATÉ.	PERTE entre chaque pesée.	
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	
26 octobre 1875.	649.40	»	254.10	»	181.45	»	+ 8.5° C.
27 » »	634.40	15.00	247.40	6.70	175.70	5.75	9.8
28 » »	626.30	8.10	244.30	3.10	173.10	2.60	11.0
29 » »	618.25	8.05	241.45	2.85	170.45	2.65	10.5
30 » »	610.15	8.10	238.40	3.05	168.70	1.75	8.0
31 » »	603.30	6.85	235.40	3.00	165.50	3.20	9.8
1er novembre »	598.00	5.30	230.80	4.60	162.10	3.40	10.5
2 » »	590.20	7.80	227.60	3.20	159.00	3.10	9.6
3 » »	582.70	7.50	223.80	3.80	157.60	1.40	10.0
4 » »	574.50	8.20	220.90	2.90	154.30	3.30	12.0
5 » »	562.50	12.00	218.10	2.80	151.10	3.20	11.0
11 » »	533.50	29.00	205.72	12.38	140.80	10.30	10.8
		115.90		48.38		40.65	

Les betteraves ont donc perdu pendant toute la durée de l'expérience :

N° I	. . .	17.84 p. c. de son poids initial.	
N° II	. . .	19.04	—
N° III	. . .	22.40	—

et pendant une période de six jours :

N° I	51.40, soit	7.91 p. c. de son poids initial.		
N° II	23.30, —	9.17	—	
N° III	19.35, —	10.65	—	

En établissant la moyenne des trois essais, nous trouvons : 9.25 p. c. de perte subie par évaporation, ce qui portera le titre saccharin de la betterave de 11 p. c. à 12.12 p. c., soit une augmentation de 1.12 p. c.

Il ressort encore du tableau ci-dessus que plus les betteraves sont petites, plus la perte de poids est considérable et plus, par conséquent, le titre en sucre augmente.

IX

SUR LA VALEUR AGRICOLE

DE

L'ACIDE PHOSPHORIQUE DIT RÉTROGRADÉ

I. — COMMUNICATION

FAITE

AU 52[e] CONGRÈS DES NATURALISTES ALLEMANDS

A CARLSRUHE[1].

Messieurs,

Quand je me permis de mettre à l'ordre du jour de la réunion annuelle des chimistes agricoles la question de la ***valeur agricole de l'acide phosphorique dit rétrogradé***, j'étais persuadé que je rencontrerais chez la plupart des auditeurs des opinions contraires aux miennes. Mais, comme mes travaux sur cette question avaient été introduits dans les débats de la dernière assemblée par mon collègue hollandais, M. Mayer, et que, dans le cours de la discussion[2], vous aviez reconnu, sans tout d'abord partager mes opinions, l'importance de la question, j'ai cru de mon devoir de ne pas rester éloigné et de venir prendre une part active aux délibérations de cette année.

Je dois tout d'abord, messieurs, formellement déclarer, comme chimiste agricole établi dans un pays voisin, que je

---

(1) Section de chimie agricole. — Séance du 17 septembre 1879, *Landw. Versuchsstationen*, 1879. — *Annales agronomiques*, 1880.
(2) *Landw. Versuchsstationen*, 1879, page 393.

suis loin de vouloir critiquer le mode de vente dominant sur le marché des engrais en Allemagne ou de vouloir solliciter de l'assemblée une solution immédiate : il ne s'agit ici pour moi que de vous présenter la confirmation des opinions que j'ai émises sur la question en 1877 et, par l'apport de nouveaux matériaux, de justifier les mesures que j'ai provoquées dans la sphère de mes travaux.

Afin de présenter clairement l'état de la question, je dois rappeler brièvement dans le cours de ma communication des choses déjà connues.

Les phosphates du commerce traités par l'acide sulfurique peuvent contenir l'acide phosphorique sous les sept formes suivantes :

1° A l'état d'acide phosphorique hydraté;
2° — de phosphate monocalcique;
3° — de phosphate bicalcique;
4° — de phosphate neutre de fer;
5° — de phosphate neutre d'alumine;
6° — de phosphate tricalcique qui a échappé à l'action de l'acide sulfurique;
7° — de phosphate tricalcique qui peut se former, par rétrogradation, dans certaines circonstances sur lesquelles nous insisterons plus loin.

Les deux premières formes sont caractérisées, comme on sait, par leur solubilité dans l'eau; les phosphates neutres qui se forment principalement dans la rétrogradation des superphosphates (1) sont caractérisés par leur insolubilité dans l'eau, tandis qu'ils sont solubles dans le citrate d'ammoniaque; les deux derniers sont insolubles dans l'eau et le citrate d'ammoniaque, mais solubles dans les acides.

---

(1) MILLOT, *Annales agronomiques*, 1875.

Il est tout naturel que l'on ait mesuré l'action des superphosphates d'après leur teneur en acide phosphorique soluble et que l'on ait, par contre, voulu refuser d'apprécier la valeur des combinaisons phosphatées qui ne sont pas solubles dans l'eau. Cependant, d'après les travaux sur les propriétés physiques et chimiques du sol arable, personne ne doute que l'acide phosphorique soluble des superphosphates ne redevienne insoluble par l'absorption. Ce changement d'état a été prouvé par M. Wagner, d'une manière directe; d'autre part, M. Mercier a démontré dans notre laboratoire(1) la présence dans le sol arable de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque. Ces faits acquis, on a voulu attribuer la supériorité de l'acide phosphorique soluble dans l'eau sur l'acide phosphorique insoluble à la faculté, pour le premier, de se répartir plus rapidement dans la couche arable. Pour beaucoup de sols cependant, on se fait illusion sur l'importance réelle de ce phénomène, et M. Maercker(2) est aujourd'hui d'avis que, si l'on veut répartir l'acide phosphorique dans le sol, il faut beaucoup plus compter, dans ce but, sur le concours des moyens mécaniques qu'emploie la culture que sur la distribution par voie chimique. Naguère encore(3), je pensais aussi qu'après une application soignée de superphosphate, chaque particule terreuse était comme pralinée d'une mince couche de phosphate finement divisé et fraîchement précipité. J'étais donc aussi, à cette époque, persuadé que l'unique base exacte de la fixation de la valeur commerciale des superphosphates résidait exclusivement dans leur teneur en acide phosphorique soluble dans l'eau. Bientôt cependant une difficulté se présenta. La Belgique, dont je dirigeais

---

(1) Voir page 69.
(2) *Mentzel's Kalender*, II Theil, 1879, page 26.
(3) *Les engrais chimiques à l'Exposition de Vienne;* Bruxelles, 1873, page 23.

alors la seule station expérimentale, fait avec un pays voisin, la France, un commerce d'engrais assez important; or, les superphosphates importés de France étaient vendus d'après leur titre en acide phosphorique assimilable, c'est-à-dire en raison de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de celui soluble dans le citrate d'ammoniaque réunis, tandis qu'ils n'étaient évalués à la Station de Gembloux que d'après leur richesse en acide phosphorique soluble dans l'eau. Mais, d'autre part, les produits belges exportés en France n'étaient garantis que d'après leur teneur en acide phosphorique soluble dans l'eau, tandis que les stations agricoles françaises et les essayeurs du commerce appréciaient les deux formes de l'acide phosphorique par un seul dosage. De là, évidemment, des réclamations continuelles, qui, généralement, ne prenaient fin qu'après l'échange d'une longue correspondance. De 1872 à 1878, j'ai donc été dans la même situation désagréable que celle dans laquelle se trouve maintenant mon honorable collègue hollandais vis-à-vis des exportateurs de superphosphates belges en Hollande. En Belgique, comme en Allemagne, la valeur des superphosphates n'était déterminée que d'après leur titre en acide phosphorique soluble dans l'eau; en France, d'une manière générale, d'après leur teneur en acide phosphorique assimilable, c'est-à-dire tout à la fois l'acide phosphorique soluble dans l'eau et celui soluble dans le citrate d'ammoniaque. Comme il m'importe beaucoup, messieurs, que vous regardiez cette dernière assertion comme fondée, permettez-moi de vous citer quelques opinions de chimistes et agronomes français.

M. Grandeau dit, au § 74 de son traité d'analyse des matières agricoles : *Le phosphate de chaux bibasique et, en général, les phosphates solubles dans les sels organiques, citrate, tartrate, etc., étant considérés comme beaucoup plus facilement assimilables par les végétaux que les phosphates insolubles dans les mêmes conditions, on est généralement*

d'accord pour leur attribuer une valeur vénale identique à celle du phosphate soluble.

M. Pagnoul, le directeur de la Station agricole d'Arras, également bien connu en Allemagne par ses recherches sur la betterave à sucre, dit dans ses conseils pour l'achat des engrais : *La valeur d'un engrais dépend de sa teneur en azote, etc., et de sa richesse en acide phosphorique* ASSIMILABLE, et il comprend, par là, la partie soluble dans l'eau, plus celle soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Je m'abstiens de vous citer ici les opinions, d'ailleurs bien connues, de M. Joulie, car l'un ou l'autre de vous m'objecterait peut-être que M. Joulie, quoique connu comme chimiste distingué, pourrait paraître intéressé dans la question en sa qualité de fabricant d'engrais.

Je signalerai encore les opinions de deux agronomes. M. Dupeyrat[1], directeur de la ferme-école de Beyrie, est arrivé, après plusieurs expériences comparatives, à l'opinion que l'acide phosphorique soluble dans l'eau et celui du phosphate de chaux précipité, soluble dans le citrate d'ammoniaque, doivent être considérés comme ayant la même valeur. Enfin, au Congrès international tenu à Paris en 1878, où se trouvaient aussi de nombreux représentants de l'agriculture allemande, la même question a été entamée, et le baron Thénard[2] déclara, au nom des membres d'une commission nommée par la Société des agriculteurs de France, qu'ils sont d'accord pour comprendre l'acide phosphorique primitivement soluble, mais devenu insoluble dans l'eau, et l'acide phosphorique encore soluble sous la rubrique commune d'acide phosphorique assimilable. L'importance que l'on attache à cette question en France résulte de ce que le baron Thénard dit plus loin : qu'elle

---

(1) JEAN, *Analyse des matières fertilisantes*, page 128.
(2) *Compte rendu du Congrès agricole de Paris*, 1879.

est une des principales causes de la fondation des stations agricoles, car la non-considération de l'acide phosphorique rétrogradé a donné lieu à bien des procès et à beaucoup de condamnations injustes.

Vous conviendrez, messieurs, que, vis-à-vis de pareilles opinions, la situation de la Station agricole de Gembloux était difficile. Jugeant cependant l'opinion régnant en France comme alors insuffisamment démontrée; considérant, d'autre part, que l'action nulle ou moindre de l'acide phosphorique rétrogradé n'avait pas été prouvée expérimentalement, je lui attribuais, dans tous les cas où l'on m'en demandait le dosage et l'estimation commerciale, une valeur de 75 centimes, tandis que je cotais l'acide phosphorique soluble dans l'eau à 1 franc et celui insoluble de la poudre d'os, par exemple, à 50 centimes. En même temps, je me livrais à la solution expérimentale de la question. Après des expériences(1) dont j'ai envoyé les résultats à la plupart des stations agricoles, je n'ai pas hésité à attribuer à l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque la même valeur qu'à l'acide phosphorique soluble dans l'eau, et depuis le 1er janvier 1878, après que mes collègues des Stations agricoles de Gand, Liége et Hasselt eurent adhéré à la mesure, je l'ai introduite dans le contrôle des engrais en Belgique. Cette résolution a donc été prise non d'une manière précipitée, comme un de mes honorables adversaires me l'a reproché, mais après six années d'hésitation et de doute et à la suite de recherches expérimentales prolongées pendant plusieurs années. Deux années d'expérience n'ont donné aux stations belges aucun motif de regretter ce pas fait en avant, et à l'agriculture belge encore moins, car elle achète maintenant l'acide phosphorique 15 p. c. meilleur marché qu'auparavant.

---

(1) Voir ce livre, pages 70 et 71.

Cette résolution, ainsi que les expériences sur lesquelles je l'ai basée, ont été attaquées en Allemagne et en Hollande. Je crois pouvoir me dispenser de revenir ici sur ces critiques, d'abord parce que M. Dünkelberg, directeur de l'Académie agricole de Popelsdorf-Bonn, dans un travail paru récemment[1], a eu l'obligeance d'entreprendre ma défense; ensuite parce que les essais qu'un de mes honorables adversaires a entrepris comme preuve ont absolument concordé avec mes résultats, ainsi que M. Wagner[2] le reconnaît de la manière la plus loyale. Enfin, je suis dans l'heureuse situation de voir confirmer mes premières recherches par une série de nouvelles expériences entreprises, soit par moi, soit par d'autres, dans les conditions les plus variées. Le principal but de ma communication est de vous les rapporter. Je procéderai en ceci d'une manière chronologique, c'est-à-dire que je les examinerai dans l'ordre des dates de communication.

Peu de temps après que j'eus remis mon travail à l'Académie royale de Belgique (5 janvier 1878), je reçus communication de M. Grandeau, de Nancy (juin 1878), qu'il avait terminé une grande série d'essais comparatifs de fumures avec du superphosphate et du phosphate de chaux précipité, et il eut l'obligeance de m'envoyer à l'examen et pour utilisation une épreuve appartenant au second volume des *Annales agronomiques de Nancy* qui n'a pas encore paru, mais que je tiens ici à votre disposition[3]. L'accord complet de ses essais septannuels avec les miens m'engagea à les publier dans le *Journal agricole du Brabant*[4]; la traduction en a été insérée

---

(1) *Landw. Jahrbücher*, 1879, Heft V.

(2) *Zeitschrift f. d. Landw. Verein in Hessen*, 1879, n° 8.

(3) Le rapport détaillé sur ces expériences a paru depuis dans les *Comptes rendus du Congrès des Stations agronomiques à Versailles;* Paris, 1881.

(4) 28 juillet 1878.

dans le *Centralblatt von Biedermann*(1). Je ne vois donc pas la nécessité d'entrer ici dans plus de détails; seulement, j'ajouterai que les essais furent entrepris sur des parcelles de 5 ares de surface, dans un sol argilo-sablonneux exempt de chaux, et que la faible quantité de 16 kilogrammes de phosphate de chaux précipité et de 23 kilogrammes de superphosphate mélangés avec des sels de potasse, fut enterrée à la herse. Les expériences entreprises sur la pomme de terre, le seigle, le colza, le froment, la betterave fourragère, l'orge et le maïs démontrent d'une manière décisive la valeur égale des deux formes d'acide phosphorique employées en l'occurrence.

Le baron Dael von Koeth, propriétaire à Sorgenloch, près de Mayence, est arrivé à une conclusion analogue. Il a eu l'amabilité de m'écrire sous la date du 8 mai 1879 : « Par vos publications, j'ai pu voir que vous accordez au phosphate bibasique la même valeur qu'à l'acide phosphorique soluble dans l'eau, dans la nutrition des plantes. Je suis arrivé à la même opinion à la suite de longues années d'essais pratiques exécutés dans ma propriété. » Le mémoire relatant ces essais a été publié récemment(2); ils ont été entrepris sur un terrain argilo-marneux. Les parcelles avaient 1 are de surface. Les engrais appliqués ont été répandus et enterrés à la houe à la profondeur de 10 à 12 centimètres; leur quantité correspond à celle qui est en usage dans la pratique. Les plantes cultivées étaient l'orge, le froment et la betterave.

Quoique, dans ces expériences, il n'y ait malheureusement pas eu emploi simultané, dans la même année, de superphosphate et de phosphate précipité et que la comparaison de récoltes obtenues en des années différentes ait

(1) *Biedermann's Centralblatt*, 1873, page 644.
(2) *Schweizer Landw. Zeitschrift*, VII, nº 9.

toujours quelque chose de chanceux, les essais exécutés de 1866 à 1874 démontrent cependant d'une façon décisive la haute action du phosphate précipité, bien que, cependant, celui-ci ne fût pas un produit préparé avec soin, car, sur 32 p. c. d'acide phosphorique total, il ne contenait que 14 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Le baron von Koeth ne s'est d'ailleurs pas contenté de ces résultats : il a entrepris cette année une nouvelle série d'expériences dans le but de comparer le superphosphate de noir avec le superphosphate de phosphorite, riche en acide phosphorique rétrogradé. Je cite textuellement la note telle qu'elle m'a été transmise :

« Le 17 avril 1879, les essais suivants furent exécutés pour étudier l'action de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de l'acide phosphorique rétrogradé, sur des parcelles d'un are de surface, séparées les unes des autres par un espace de 75 centimètres. Les parcelles 1 à 7 étaient semées en orge et celles 8 à 14 en avoine. L'acide phosphorique soluble dans l'eau était donné par le superphosphate de noir, l'acide phosphorique rétrogradé par le superphosphate de phosphorite. Celui-ci contenait 10 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque, desquels 2.7 p. c. solubles dans l'eau. L'engrais potassique renfermait 94 p. c. de chlorure de potassium et le sulfate d'ammoniaque 20 p. c. d'azote. Voici les résultats des expériences :

« 1° L'application unique de l'acide phosphorique soluble dans l'eau n'a donné pour l'orge et l'avoine ni un résultat défavorable ni un résultat favorable.

« L'application unique de l'acide phosphorique rétrogradé était, par contre, accompagnée d'un résultat favorable;

« 2° L'acide phosphorique soluble dans l'eau en mélange avec la potasse donnait, pour l'orge comme pour l'avoine,

des résultats inférieurs à ceux de l'acide phosphorique rétrogradé ;

« 3° L'acide phosphorique soluble dans l'eau ne donnait pas, par l'application simultanée de potasse et d'azote, pour l'orge des résultats meilleurs que ceux de l'acide phosphorique rétrogradé. »

Par rapport à l'avoine, l'expérimentateur fait d'ailleurs remarquer que la dose de 1 kilogramme d'azote pour 1 kilogramme d'acide phosphorique était déjà trop élevée, car l'avoine versait.

Ces essais, messieurs, ne peuvent manquer de fixer notre attention, car ils forment le premier document qui nous soit présenté par un agronome allemand pour la solution de la question et, de plus, parce qu'ils s'accordent dans leurs résultats avec ceux entrepris par la station agricole de sa région.

PARCELLES.	FUMURE.	RÉCOLTE DU 16 AOUT. ORGE (KILOGRAMMES).			RÉCOLTE DU 22 AOUT. AVOINE (KILOGRAMMES).		
		GRAIN.	PAILLE.	BALLES.	GRAIN.	PAILLE.	BALLES.
1 et 8	Rien.	13.5	18.0	4.5	13.0	28.0	3.0
2 et 9	1 kil. d'acide phosphorique soluble dans l'eau .	13.5	18.0	6.0	11.0	28.0	2.5
3 et 10	Id. id. + 1 kil. de potasse.	16.0	23.0	4.0	14.0	27.0	3.5
4 et 11	Id. id. + 1 kil. d'azote. .	35.0	39.0	8.5	35.0	55.5	5.5
5 et 12	1 kil. d'acide phosphorique rétrogradé	16.0	22.5	4.0	15.0	32.0	3.5
6 et 13	Id. id. + 1 kil. de potasse.	17.5	24.0	3.5	17.5	31.5	4.0
7 et 14	Id. id. . + 1 kil. d'azote. .	35.0	47.0	7.5	30.5	53.5	5.5

En effet, M. Wagner, à Darmstadt, a entrepris, en 1878, des essais de fumure sur l'orge avec l'acide phosphorique sous divers états. Ils ont été publiés dans le *Zeitschrift für Hessen*(1) et dans le *Centralblatt* von Biedermann(2), ce qui me dispense d'entrer dans des détails concernant leur exécution. Bien que M. Wagner s'abstienne encore d'interpréter ses résultats en faveur de mon opinion, on ne me blâmera pas si je puise dans les expériences de Darmstadt une démonstration qui viendra d'autant mieux à l'appui de ma thèse qu'elle m'est fournie par un adversaire de l'acide phosphorique rétrogradé, adversaire dont la parole a d'autant plus de poids qu'il a fixé depuis des années déjà son attention sur la manière dont l'acide phosphorique se comporte dans le sol. Eussé-je eu le malheur, messieurs, de voir les essais de Darmstadt démontrer la supériorité de l'acide phosphorique soluble, ces résultats auraient certainement été utilisés comme arme contre l'acide phosphorique rétrogradé et contre moi. Il importe peu, dans l'appréciation des essais de Darmstadt, que l'augmentation de poids produite par les engrais phosphatés ne soit pas très considérable, — le surplus de récolte obtenu prouve, dans tous les cas, que les engrais employés ont agi; — mais le point capital réside, comme le dit M. Dünkelberg dans sa brochure déjà citée :

1° En ce que seul, l'acide phosphorique soluble dans l'eau n'a produit qu'un surplus de récolte insignifiant;

2° Mais que le même poids d'acide phosphorique précipité, c'est-à-dire d'acide phosphorique rendu insoluble dans l'eau par le mélange avec une terre riche en chaux, produisait 8 fois plus de grain et 7.3 fois plus de paille que dans le cas de l'acide phosphorique soluble dans l'eau;

3° Que le superphosphate de phosphorite, si méprisé,

---

(1) *Zeitschrift des Landw. Vereins für Hessen*, 1879, n° 8.
(2) *Biedermann's Centralblatt*, 1879, page 515.

avait produit dans les deux cas les plus fortes récoltes et même, la première fois, plus de 17 fois autant de grain et 16 fois autant de paille; dans la seconde expérience, 9.5 fois autant de grain et 15 fois autant de paille, comparativement à l'acide phosphorique soluble dans l'eau. Je répète encore que les résultats de ces expériences ne sont pas seulement en complet accord avec ceux de Gembloux, mais qu'ils sont aussi une confirmation des résultats obtenus par un agronome de Mayence.

C'est ici le moment de faire mention d'expériences hautement intéressantes exécutées par M. Fleischer, à Brême(1), et dont le compte rendu vient seulement de nous être distribué.

Les récoltes obtenues sur neuf champs d'expériences différents, dans des terrains tourbeux, avec le seigle, l'herbe de prairie, l'avoine et la pomme de terre, prouvent à l'évidence la valeur au moins égale de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de l'acide phosphorique rétrogradé. Dans six cas, ce dernier était même manifestement plus utile. Dans deux cas, pour le seigle, à Grasdorf, et pour prairies, dans la ferme Zion, les résultats étaient les mêmes, car on peut regarder comme égales des récoltes de 12600 et 12650 kilogrammes. Seulement, pour la pomme de terre, à Cunrau, et pour prairies, à Schwinge, l'acide phosphorique rétrogradé a agi moins efficacement que l'acide phosphorique soluble dans l'eau; mais, dans le premier cas, on a toutefois récolté 5000 kilogrammes en plus et dans le second 10000 kilogrammes, par rapport à la parcelle non fumée. Tout en tenant compte de ce que le sol tourbeux présente des conditions toutes spéciales, les expériences de M. Fleischer ont néanmoins de l'importance, parce que de tels sols constituent des milliers d'hectares de surface en

---

(1) *Biedermann's Centralblatt*, 1880, page 92.

Allemagne, en France, en Hollande et en Belgique, et ensuite parce qu'il faut toujours, pour établir des conclusions d'une portée générale, recueillir une série d'observations faites dans des cas spéciaux.

De mon côté, j'ai continué cette année mes expériences en grande culture et dans la serre, et, en même temps, j'ai prié M. De Leeuw, à Hasselt, d'organiser un petit champ d'expériences pour contribuer à élucider la question de l'acide phosphorique.

Par suite du temps froid et humide de cette année, la récolte a été tellement retardée chez nous, que je ne possède pas encore les résultats du champ d'expériences (1); mais les cultures faites dans la serre sont déjà terminées depuis quelque temps.

Dans les essais exécutés à Gembloux de 1875 à 1877, on employait les différents engrais : phosphate de chaux, de fer et d'alumine sous forme de préparations pures faites au laboratoire. J'ai employé, cette année : l'acide phosphorique soluble dans l'eau sous forme d'un superphosphate de phosphorite d'Espagne qui ne contenait que de l'acide phosphorique soluble (15.2 p. c.); l'acide phosphorique rétrogradé sous forme de superphosphate de phosphorite de la Lahn, contenant 7.52 p. c. d'acide phosphorique rétrogradé et 2.20 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Le phosphate de chaux précipité dont je me suis servi est celui du commerce, dosant 19.18 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate. En outre, j'ai fait fabriquer un phosphate précipité que l'on a chauffé à 150°C. et dont l'acide phosphorique était devenu presque totalement insoluble ; il ne contenait, sur 19.75 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'acide, que 2.86 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque.

---

(1) Ces essais sont terminés depuis. Voir annexes I et II.

Les essais ont été exécutés, comme auparavant, dans la terre sablo-argileuse de Gembloux; la disposition, les pots, le mode d'arrosage, etc., étaient les mêmes qu'en 1876 et 1877 (1).

Pour tenir compte de l'objection d'un de mes honorables adversaires qui me reproche l'application d'une fumure trop forte, — quoique je considère comme autorisée l'application précédente de fortes doses d'engrais, parce que j'ai produit, pour un volume égal de terre, beaucoup plus de plantes, c'est-à-dire plus de matière organique que ne le fait la pratique, — j'ai employé, cette fois, pour 4300 grammes de terre seulement 0.3 gramme d'acide phosphorique. Les engrais, savoir : 1.974 gramme de superphosphate de Cacérès, 3.086 de superphosphate de la Lahn, 1.564 de phosphate précipité et 1.519 de phosphate précipité fortement chauffé, ne furent pas mélangés, comme dans les expériences précédentes, avec la terre, mais seulement enterrés à la main.

Les plantes d'expériences étaient le pois Victoria et l'orge d'été. Les pois ont été plantés le 9 mai et l'orge semée le 13 mai. Les premiers furent récoltés le 30 août et l'orge le 11 septembre.

---

(1) Voir pages 47 et 59.

	GRAIN.	PAILLE et BALLES.	RÉCOLTE TOTALE.
Iᵉ Série d'expériences : Pois.			
	Gram.	Gram.	Gram.
Pots I et II. Sans fumure. . .	46.24	28.79	75.03
» III et IV. Acide phosphorique soluble dans l'eau . .	50.48	34.52	85.00
» V et VI. Acide phosphorique rétrogradé	49.58	33.70	83.28
» VII et VIII. Phosphate précipité	54.20	32.00	86.20
» IX et X. Phosphate précipité calciné rendu insoluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin	47.11	27.97	75.08
IIᵉ Série d'expériences : Orge.			
	Gram.	Gram.	Gram.
Pots I et II. Sans fumure. . .	20.66	45.32	65.98
» III et IV. Acide phosphorique soluble dans l'eau . .	25.32	50.60	75.92
» V et VI. Acide phosphorique rétrogradé	23.98	48.98	72.96
» VII et VIII. Phosphate précipité	27.31	56.21	83.52
» IX et X. Phosphate précipité calciné rendu insoluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin	21.83	46.45	68.28

Ces nouvelles expériences confirment certainement celles qui ont été entreprises, en 1876 et en 1877, sur

l'avoine et le froment. Si les différences entre les pots fumés et les pots non fumés sont moins considérables, le surcroît de récolte produit démontre néanmoins : 1° que l'acide phosphorique de l'engrais a agi; 2° que, pour les pois, l'acide phosphorique soluble dans l'eau et l'acide phosphorique rétrogradé ont produit le même surcroît de récolte; 3° que l'acide phosphorique donné sous forme de phosphate de chaux précipité a produit sur l'orge et les pois les plus hauts rendements; 4° que le phosphate de chaux rendu par la chaleur insoluble dans le citrate, quoiqu'il contienne encore une quantité faible d'acide phosphorique bicalcique, n'a produit presque aucune augmentation de poids. Comme seule exception, il y a à mentionner, pour l'orge, que l'acide phosphorique rétrogradé est resté quelque peu en arrière comparativement à l'acide phosphorique soluble dans l'eau. Le surplus de récolte qu'il a produit est toujours encore de 3.22 grammes de grain, c'est-à-dire de 16 p. c. de la récolte obtenue dans le pot sans fumure.

Jetons maintenant un coup d'œil sur l'ensemble des recherches existantes. Voici ce qu'il en résulte à l'avantage de l'acide phosphorique rétrogradé : Les essais exécutés en serre pendant plusieurs années à Gembloux, dans un sol argileux et un sol sablonneux, sur l'avoine, le froment, l'orge et les pois, au champ d'expériences sur les féveroles; ceux de Nancy dans un sol argilo-sablonneux sur la pomme de terre, le seigle, le colza, le froment, la betterave fourragère, l'orge et le maïs ; ceux de Mayence sur l'avoine, l'orge et le froment; ceux de Darmstadt dans un sol sablonneux sur l'orge ; ceux de Brême dans des sols tourbeux; ensuite les essais exécutés à Munich(1) dans un sol sablo-calcaire sur différents produits, établissent d'une manière concordante *la valeur égale de l'acide phosphorique soluble*

(1) Voir annexe III.

dans l'eau et de l'acide phosphorique rétrogradé. Et où sont, messieurs, les essais qui prouvent le contraire? Je ne connais, dans les publications allemandes ou françaises à ma disposition, aucun essai qui montre l'inactivité ou l'action moindre de l'acide phosphorique rétrogradé. Je me considère donc comme autorisé à maintenir l'opinion exprimée en 1877 *que l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque est de valeur égale à celui soluble dans l'eau et qu'il faut y avoir égard dans l'analyse d'un superphosphate*(1).

Si, pour le moment, je ne parle que de valeur égale, je suis loin d'exclure la probabilité, qu'on reconnaîtra par l'étude de plus en plus approfondie de la question, que, dans beaucoup de cas (2), l'acide phosphorique rétrogradé constitue une forme d'élément nutritif plus convenable que l'acide phosphorique soluble dans l'eau. Plusieurs de mes essais, les expériences de MM. Wagner, Fleischer et les observations de M. Völcker, récemment publiées, rendent ceci plus que probable. Ce dernier dit, dans un rapport présenté à l'Exposition de Paris : « Il est pratiquement reconnu par l'expérience des cultivateurs de terres légères dans les districts de l'Angleterre où le sol manque de chaux que, sur ces terres, il

---

(1) A la suite des discussions qui ont eu lieu au Congrès de Carlsruhe, un très grand nombre d'expériences ont été entreprises en Allemagne, en Belgique et en Angleterre, dont on trouve les détails dans le *Biedermann's Centralblatt* (1880 à 1882) et dans le *Journal agricole du Brabant-Hainaut.* Elles ont été, presque sans exception, entièrement favorables à notre opinion sur la valeur du phosphate précipité, établissant même, pour beaucoup de cas, une supériorité manifeste de l'acide phosphorique précipité sur l'acide phosphorique soluble dans l'eau.

En ce qui concerne le phosphate rétrogradé des superphosphates, les expériences ont été moins concluantes et parfois contradictoires. Mais il en résulte déjà maintenant à l'évidence qu'il n'est plus admissible de négliger, dans la fixation de la valeur des superphosphates, la partie insoluble dans l'eau, mais soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

(*Note de la seconde édition.*)

(2) Terres sablonneuses, tourbeuses, landes, prairies, etc.

vaut mieux appliquer de la poudre d'os, ou du phosphate précipité, ou bien encore des engrais phosphatiques ne contenant aucun phosphate soluble, pour les cultures de racines, que d'employer des superphosphates ou autres engrais artificiels semblables, contenant une grande proportion de phosphate acide soluble(1). » De tels sols sablonneux sont très répandus; ils forment une grande partie du sol arable belge et de celui du nord de l'Allemagne. En lisant le mémoire de M. Völcker, je me rappelais une opinion émise par M. Dehérain(2) qui m'a longtemps semblé erronée, mais que je considère maintenant comme fondée : « L'emploi des superphosphates n'est pas à craindre dans un sol calcaire; il est, dans ce cas, inutile de saturer celui-ci avec de la chaux ou des cendres avant son application; cette mesure de précaution n'est nécessaire que pour un sol complètement exempt de chaux. »

A quelle cause faut-il attribuer la supériorité plusieurs fois observée de l'acide phosphorique rétrogradé? Je ne me hasarde pas à vouloir l'établir pour tous les cas. Dans les sols sablonneux ou tourbeux (3), elle trouve sa raison d'être, comme M. Wagner l'admet aussi, en ce que l'acide phosphorique soluble dans l'eau, n'étant précipité ni par la chaux, ni par l'oxyde de fer ou l'alumine, se diffuse trop profondément dans le sol et devient ainsi inacessible aux racines. Dans les sols calcaires, la moindre action de l'acide phosphorique soluble serait due à ce qu'en présence d'un grand excès de carbonate de chaux, l'acide phosphorique se transforme en phosphate tricalcique, tandis que le phosphate bicalcique incorporé au sol reste en cet état. Si, dans les sols argilo-sablonneux, pauvres en chaux, comme, par exemple, celui

---

(1) *L'agriculture de l'Angleterre;* Paris, 1878, page 601.
(2) *Cours de chimie agricole*, page 545.
(3) D'après des recherches de MM. Fleischer et König, la tourbe n'a aucun pouvoir absorbant pour l'acide phosphorique soluble dans l'eau.

de Gembloux, l'on observait d'une façon permanente que l'acide phosphorique rétrogradé n'est pas seulement égal à l'acide phosphorique soluble, mais qu'il est même plus actif, alors ce phénomène s'expliquerait de cette manière que l'acide phosphorique donné comme fumure se transforme, avec l'oxyde de fer et l'alumine du sol, en une combinaison plus difficilement soluble[1]; peut-être plus basique, que ne le sont les phosphates neutres de fer et d'alumine qui se forment par rétrogradation du superphosphate ou dans la préparation du phosphate précipité.

M. Maercker[2] attribue d'ailleurs à ceux-ci une haute valeur comme engrais quand il dit que, d'après les expériences existantes, le phosphate de Kladno, phosphate d'alumine obtenu de minerais de fer, mérite d'être cité comme concurrent des superphosphates. M. Petersen[3] a également démontré que la plante peut emprunter au phosphate de fer tout l'acide phosphorique qui lui est nécessaire.

Comme preuve de la probabilité de l'opinion que l'acide phosphorique soluble se transforme, dans les sols riches en chaux, en phosphate tricalcique et non bicalcique, je puis citer les arguments suivants :

1° Les résultats d'une recherche que j'ai entreprise sur la solubilité, dans le purin, d'un phosphate brut, riche en carbonate de chaux, prouvent qu'il n'y eut pas d'acide phosphorique dissous; au contraire, l'acide phosphorique contenu primitivement en solution dans le purin fut précipité à l'état de phosphate tricalcique[4];

---

(1) Ullik (*Landw. Versuchsst.*, 1879, page 347) a déjà démontré que l'acide phosphorique absorbé par le sol devient de plus en plus insoluble. — Voir aussi, concernant l'attitude de l'acide phosphorique dans le sol, les expériences de MM. Albert et de Volbrecht. (*Landw. Versuchsst.*, 1879, page 6.)

(2) *Mentzel's Kalender*, 1879, page 35.

(3) *Biedermann's Centralblatt*, 1876, page 195.

(4) Voir page 43 et *Biedermann's Centralblatt*, 1879, page 95.

2° L'année dernière, une fabrique d'engrais soumise au contrôle de la Station agricole de Gembloux mélangeait une partie de superphosphate d'apatite, contenant 18 à 19 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau, avec du plâtre riche en carbonate, afin d'obtenir un superphosphate de 12 p. c., qui était demandé et qu'on n'avait pas en magasin. Le produit ainsi obtenu donnait, par l'analyse au citrate d'ammoniaque, une quantité d'acide phosphorique moindre que celle à laquelle on s'attendait par le mélange avec le plâtre. Une partie de l'acide phosphorique avait donc été précipitée par le carbonate de chaux comme phosphate insoluble dans le citrate. Cette observation est confirmée par M. Joulie[1]; dans une notice qu'il vient de publier, il dit que l'addition de carbonate de chaux ou de plâtre riche en carbonate de chaux donne lieu à la formation de phosphate tricalcique insoluble dans le citrate d'ammoniaque;

3° Tout fabricant de phosphate précipité sait que son produit ne contient que très peu d'acide phosphorique soluble dans le citrate quand le lait de chaux destiné à la précipitation de la solution acide est resté longtemps exposé à l'air; alors ce dernier a absorbé de l'acide carbonique. Il en serait de même s'il voulait précipiter par le carbonate de chaux finement divisé.

Relativement au phosphate dit précipité, je veux ici prévenir une objection qui m'a déjà été faite lors de l'anniversaire de Möckern, quand je m'entretenais de la question avec quelques collègues. On faisait valoir, contre mon opinion sur la valeur de l'acide phosphorique rétrogradé, la circonstance que les phosphates précipités obtenus en Allemagne comme produits accessoires de la fabrication de la gélatine n'ont pu gagner la faveur des cultivateurs et que la plupart ont dû être transformés en superphosphates.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1879.

Je ferai remarquer à ce sujet que les produits fabriqués antérieurement étaient obtenus par la précipitation de la solution acide par le lait de chaux en *excès*, puis qu'ils étaient lavés seulement par décantation ou ne l'étaient pas du tout; enfin, ils étaient fortement chauffés. On obtenait ainsi une poudre très hygroscopique, s'agglomérant en pelotes, riche en carbonate de chaux et en chlorure de calcium, ne contenant pas de phosphate bicalcique, dans laquelle on avait, en outre, transformé par une chaleur trop forte le phosphate tricalcique hydraté soluble dans le citrate d'ammoniaque en phosphate tricalcique anhydre insoluble. Mais tout le secret de la préparation de bons phosphates précipités consiste à précipiter d'une manière fractionnée la solution par un lait de chaux, c'est-à-dire qu'on laisse toujours un excès d'acide phosphorique, à les laver à la turbine ou au filtre-presse et enfin à les dessécher à une température aussi basse que possible. On obtient ainsi un mélange sec, pulvérulent, de phosphate bicalcique et de phosphate tricalcique hydraté, ne contenant que de faibles quantités de chlorure de calcium et qui se dissout sans résidu dans le citrate d'ammoniaque, hormis le sable et 1 à 2 p. c. de phosphate tricalcique anhydre.

A l'occasion de l'Exposition universelle de Paris, j'ai pu me convaincre, comme membre du jury pour les engrais, du développement acquis en France par cette fabrication. Des produits contenant plus de 40 p. c. d'acide phosphorique, dont 95 p. c. de la quantité totale soluble dans le citrate d'ammoniaque, n'étaient pas rares. J'ajoute qu'il ne s'agit pas ici de produits de parade, comme on en présente volontiers aux expositions, mais bien de produits commerciaux qui sont cotés à la bourse agricole de Paris avec une garantie de 40 à 42 p. c. D'après une communication confidentielle, la fabrique de Heufeld, en Bavière, produit une marchandise semblable. Les phosphates précipités préparés en Belgique avec des phosphorites pauvres contiennent, en moyenne,

25 à 27 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate et 4 à 5 p. c. soluble dans l'acide.

Je crois, messieurs, que de tels produits, dans lesquels l'acide phosphorique revient à 15 p. c. meilleur marché que celui des superphosphates (abstraction faite, vu leur haute concentration, de la diminution des frais de transport et d'emballage), de même que l'acide phosphorique rétrogradé des superphosphates, méritent, dans l'intérêt de l'agriculture et de l'industrie, d'attirer l'attention du chimiste agricole.

Ire ANNEXE.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE LA STATION AGRICOLE DE GEMBLOUX, 1879.

Sol : sablo-argileux. — Récolte antérieure : froment. — Surface des parcelles : 164.5 mètres carrés. — Chemin de 1 mètre de largeur entre chaque parcelle. — Dose de la fumure par hectare : 75 kilogrammes d'acide phosphorique sous différentes formes, quantité généralement usitée en Belgique dans la culture intensive. Les engrais étaient les mêmes que pour les essais en pots faits dans la serre (voir page 358). — Récolte : féveroles (*vicia faba*). — Le 12 mai, on a réparti les engrais et on les a enfouis à la houe. — Le 13 mai, on a planté les féveroles en lignes espacées de 40 centimètres. — La levée a eu lieu le 26 mai. — Le 31 mai, premier binage. — Le 6 juin, deuxième binage et démariage des plants, 20 centimètres entre chaque plante. — Le 21 juin, dernier binage. — Récolte opérée le 7 octobre. — On a laissé dessécher dans un jardin entouré d'une haie vive. — On a pesé le 20 novembre.

FUMURES.	GRAIN.	PAILLE.	GRAIN par HECTARE.	SURPLUS de récolte par rapport à la parcelle non fumée.
	Kilogram.	Kilogram.	Kilogram.	Kilogram.
I. Parcelle non fumée . .	14.080	144.420	855.9	»
II. 75 kilogrammes d'acide phosphorique soluble sous forme de superphosphate de Caçerès.	17.530	136.470	1065.6	+ 209.7
III. 75 kilogrammes d'acide phosphorique dont le quart soluble dans l'eau et les trois quarts solubles dans le citrate d'ammoniaque sous forme de superphosphate de la Lahn. . .	17.455	131.045	1061.1	+ 205.2
IV. 75 kilogrammes d'acide phosphorique soluble dans le cit rate d'ammoniaque sous forme de phosphate précipité	17.908	142.592	1088.7	+ 232.2
V. 75 kilogrammes d'acide phosphorique presque totalement insoluble dans le citrate sous forme de phosphate précipité chauffé à 150°C	16.360	128.640	994.5	+ 138.6

Quant à la récolte, il y a lieu de faire remarquer que le semis quelque peu tardif et le temps humide et froid de l'été dernier, au plus haut point défavorable, expliquent le rendement peu élevé. La moyenne des quatre parcelles fumées est, en chiffres ronds, de 13.5 hectolitres de 78 kilogrammes, tandis que la récolte moyenne des féveroles s'élève en Belgique à 19.5 hectolitres. De même, les excédents de récolte obtenus sur les parcelles fumées ne sont pas considérables. Mais ceux-ci s'élèvent encore toujours, pour les différentes parcelles, de 16 à 27 p. c.; d'ailleurs, ils sont suffisants pour montrer que les engrais ont agi. En acceptant pour de

telles expériences une erreur d'essai de ± 4 p. c., il s'ensuit qu'il n'y a aucune différence entre l'acide phosphorique soluble dans l'eau et l'acide phosphorique rétrogradé; tandis que le phosphate précipité, que l'on a presque totalement privé d'eau en le chauffant fortement et qui ne contient plus que 2.86 p. c. d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin, est resté en arrière, quoiqu'il ait toutefois produit un excédent de récolte en grain comparativement à la parcelle non fumée.

Quant à l'action des superphosphates, ces essais de fumure concordent complètement dans leurs résultats avec les essais en pots exécutés conjointement. (Voir page 360.)

Par contre, pour ce qui concerne le phosphate précipité, il y a une différence, en ce sens que, dans les essais en pots, l'acide phosphorique soluble dans le citrate se montrait supérieur à l'acide phosphorique soluble dans l'eau, tandis que, dans les expériences au champ, il n'y avait aucune différence entre les deux formes.

II[e] ANNEXE.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DU LABORATOIRE AGRICOLE DE HASSELT.

Directeur : M. De Leeuw.

Sable humeux, presque exempt de chaux. — Récolte antérieure : choux avec fumier d'étable. — Surface des parcelles : 39 mètres carrés. — La quantité des engrais, leur application sont les mêmes que dans les expériences de Gembloux. — Emblavure : avoine. — Semence employée : 150 kilogrammes par hectare. — Le semis a été effectué le 15 mai. — La levée était complète le 22 mai. — Le 19 septembre, on a fait la récolte.

FUMURES.	PAR PARCELLE.		PAR HECTARE.
	GRAIN.	PAILLE.	GRAIN.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
I. Parcelle non fumée. . . .	6.2	32.3	1590
II. 75 kilogrammes d'acide phosphorique soluble dans l'eau sous forme de superphosphate de Caçerès	6.4	33.6	1641
III. 75 kilogrammes d'acide phosphorique, dont un quart soluble dans l'eau, le reste soluble dans le citrate d'ammoniaque, sous forme de superphosphate de la Lahn.	5.9	33.2	1513
IV. 75 kilogrammes d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque sous forme de phosphate précipité	7.8	40.2	2000
V. 75 kilogrammes d'acide phosphorique presque totalement insoluble dans le citrate sous forme de phosphate précipité chauffé à 150°C.	8.1	44.9	2077

Les essais, comme l'expérimentateur nous le dit, furent influencés par le temps défavorable de l'été dernier, et le moment de la récolte fut beaucoup retardé.

En considérant les produits des trois premières parcelles, il en résulte que le superphosphate n'a pas agi; car, en admettant une erreur d'essai de ± 4 p. c., les récoltes de ces trois parcelles sont égales en poids.

On explique aisément l'inaction de l'acide phosphorique soluble dans l'eau, qui a déjà été constatée pour les sols sablonneux par plusieurs expérimentateurs, par ce fait que sa précipitation dans le sol, condition absolument nécessaire pour qu'il profite à la plante, n'a pas eu lieu et que cet élément, par une trop grande diffusion dans la couche

arable, est devenu inaccessible aux racines. Mais, quant à l'effet nul des superphosphates contenant de l'acide phosphorique dont une partie est soluble dans l'eau et l'autre dans le citrate d'ammoniaque, une explication est nécessaire.

Les résultats obtenus sont d'autant plus frappants que, sur les parcelles voisines, l'acide phosphorique du phosphate précipité, soluble dans le citrate, a produit une augmentation considérable en grain récolté (400 kilogrammes).

Les deux espèces de phosphate précipité ont été de valeur égale : le petit excédent du nº V par rapport au nº IV tombe dans les limites des erreurs d'expérimentation.

IIIe ANNEXE.

STATION AGRICOLE EXPÉRIMENTALE DE MUNICH.

Pendant l'impression du présent travail, nous avons eu connaissance des essais exécutés à la Station expérimentale de Munich par M. le docteur Wein, qui a démontré antérieurement l'importance de la question relative à la valeur qu'il faut attribuer comme engrais à l'acide phosphorique rétrogradé. (Voir *Zeitschrift des Landw. Vereins in Bayern*, 1879.)

Ces expériences furent entreprises dans cinq caisses remplies de sable calcaire stérile.

I. Sans fumure.

II. 51.28 grammes de superphosphate de guano de Mejillones contenant 19.5 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau, ce qui correspond à 10 grammes d'acide phosphorique soluble dans l'eau par caisse.

III. 36.9 grammes de superphosphate de phosphorite de la Lahn contenant 27.1 p. c. d'acide phosphorique dit

assimilable, dont 19.8 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau et 7.3 p. c. d'acide phosphorique rétrogradé, ce qui équivaut à 10 grammes d'acide phosphorique dit assimilable.

IV. 51.28 grammes de superphosphate de guano de Mejillones avec 30 grammes de nitrate de soude.

V. 36.9 grammes de superphosphate de phosphorite de la Lahn avec 30 grammes de nitrate de soude.

Les essais ont porté sur le seigle. Il a été semé le 14 octobre 1878 et récolté le 1er août 1879.

D'après les résultats de la récolte, pour lesquels nous ne pouvons que renvoyer à l'original, M. Wein tire les conclusions suivantes :

Pour le sol sablo-calcaire sur lequel on a expérimenté, le superphosphate de phosphorite mérite la préférence par rapport au superphosphate de guano, car les récoltes obtenues par la fumure avec le premier valaient mieux en qualité et en quantité. Il n'est donc pas juste, dit l'expérimentateur, d'attribuer à *l'acide phosphorique rétrogradé une valeur moindre qu'à l'acide phosphorique soluble dans l'eau*. Dans la détermination de la valeur d'un superphosphate, on doit donc considérer l'acide phosphorique rétrogradé comme ayant la même valeur que l'acide phosphorique soluble dans l'eau.

II. — DOSAGE

DE

L'ACIDE PHOSPHORIQUE DIT ASSIMILABLE(1)

Méthode adoptée : en *Belgique* par les Station et Laboratoires agricoles de l'État (Gembloux, Gand, Hasselt, Liége, Anvers, Mons et Louvain) et par le Laboratoire provincial de Roulers; en *Allemagne* par les Stations agricoles de Bonn et de Darmstadt; en *France* par la Station agronomique de l'Est, à Nancy; en *Hollande* par la Station agricole de Wageningen; dans le *grand-duché de Luxembourg* par le Laboratoire agricole d'Ettelbrück.

De nombreuses expériences entreprises en Belgique, en France et en Allemagne ont confirmé d'une manière concluante ma thèse, d'abord si contestée, sur la valeur agricole égale de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de l'acide phosphorique dit rétrogradé ou précipité. Il en résulte que le dosage de ce principe fertilisant à l'état dit assimilable (acide phosphorique soluble dans l'eau + acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque) est devenu une opération qui doit se faire journellement dans les stations et laboratoires agricoles et les fabriques d'engrais artificiels.

Je reçois au sujet de cette analyse de si fréquentes demandes de renseignements, que je crois accomplir chose utile en faisant connaître de nouveau la méthode adoptée

---

(1) Cette note faisait d'abord suite à l'article précédent; sa publication date donc de 1879. Complétée dans les détails et légèrement modifiée en ce qui concerne la concentration des réactifs, elle a été publiée en sa forme actuelle dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État*, n° 33 (mars 1885).

par moi, surtout parce qu'elle a subi, depuis sa première publication, quelques modifications qui, tout en n'étant que peu importantes, doivent être observées par les divers analystes pour obtenir des résultats concordants. C'est la nécessité d'opérer d'une manière uniforme, nécessité d'autant plus grande qu'il s'agit d'un dosage très délicat et d'une méthode encore peu parfaite en elle-même, mais de grande utilité comme méthode de convention, qui m'engage à décrire, cette fois, les moindres détails opératoires et à donner le degré de concentration de tous les réactifs employés.

La méthode repose, comme celle de M. Joulie et celle de MM. Fresenius, Neubauer et Luck, sur la solubilité dans le citrate d'ammoniaque du phosphate bicalcique, des phosphates de fer et d'alumine tels qu'ils se forment par la rétrogradation dans les superphosphates ou dans la préparation des phosphates précipités, solubilité démontrée par M. Warington.

La modification que j'ai apportée aux méthodes des auteurs précités a pour but d'éviter les inconvénients qu'elles présentent, tout en conservant leurs avantages.

Dans le procédé de MM. Fresenius, Neubauer et Luck, on emploie du citrate neutre, ce qui peut donner lieu, sous l'influence de l'acide phosphorique hydraté du superphosphate, à la mise en liberté d'une certaine proportion d'acide citrique qui peut dissoudre du phosphate tribasique resté inattaqué lors de la préparation du superphosphate. Cette méthode est d'ailleurs — à moins d'employer la modification dite par différence — très longue et délicate par suite des deux opérations qu'elle exige : l'évaporation de la solution citrique et la décomposition du citrate d'ammoniaque par la chaleur.

M. Joulie se sert d'un citrate d'ammoniaque beaucoup plus concentré que celui de M. Fresenius, ce qui ne permet

pas de l'appliquer indistinctement à l'analyse des superphosphates minéraux et à celle des superphosphates de noir, le réactif de M. Joulie attaquant assez sensiblement le phosphate tribasique du noir(1). Ensuite le faible volume de solution citrique que l'auteur prescrit ne permet d'opérer que sur une très petite prise d'essai, ce qui est un inconvénient dans l'analyse des superphosphates et engrais mélangés, grumeleux et humides. La titration par l'acétate d'urane du phosphate ammoniaco-magnésien donne souvent des résultats un peu trop élevés, l'action du ferrocyanure sur l'urane étant retardée sous l'influence de l'acétate d'ammonium formé lors de la dissolution du précipité dans l'ammoniaque. Mais le procédé de M. Joulie présente sur celui de M. Fresenius cet avantage sérieux, qu'il repose sur l'emploi d'un citrate ammoniacal et sur la précipitation directe de la solution citrique par la mixture de magnésie.

J'ai donc adopté la concentration du réactif, mais en le rendant ammoniacal(2), et la température de digestion indiquées par M. Fresenius et la précipitation directe de la solution citrique proposée par M. Joulie. De cette combinaison est résultée la marche suivante, employée depuis 1878 :

I. — Préparation du citrate d'ammoniaque.

500 grammes d'acide citrique sont dissous dans l'ammoniaque concentrée (D. = 0.92), jusqu'à réaction neutre. Il faut environ 700^{cc}, et il est recommandé, pour éviter un trop fort échauffement, de recouvrir, au préalable, les cristaux d'eau distillée.

On amène la concentration du liquide à la densité de

---

(1) Il en est également ainsi en employant le citrate *neutre* de M. Fresenius. Voir Chevron, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1879.

(2) Les chimistes agricoles américains ont également reconnu la nécessité d'employer un citrate ammoniacal. (*Amer. Chem. Jour.*, 1882.)

1.09 à 15°C. et on ajoute par litre 50cc d'ammoniaque concentrée (D. = 0.92).

II. — Prise d'essai.

Phosphate précipité et superphosphate riche (1) .	1	gramme.
Superphosphates	2	—
Engrais mélangés	5	—

III. — Préparation de la solution phosphorique.

On introduit 100cc de citrate dans une petite pissette, on le verse peu à peu sur la matière à analyser placée



Fig. 5.

dans un petit mortier en verre de 7 centimètres de diamètre ; on triture le tout, sous une légère pression du

(1) J'entends par superphosphate riche le produit obtenu par l'attaque des phosphates bruts au moyen d'une solution d'acide phosphorique. Le titre des superphosphates ainsi préparés atteint jusqu'à 44 p. c.

pilon, on décante dans un ballon de précision de 500cc, on répète deux ou trois fois la trituration en décantant chaque fois.

Finalement, on lave le mortier, le pilon et l'entonnoir, toujours au citrate d'ammoniaque, et on ajoute le reste des 100cc dans le ballon jaugé. Celui-ci est placé dans un bain-marie plat et large pouvant contenir 4 à 6 ballons, entre lesquels est suspendu un thermomètre supporté par une tige en fer recourbée et fixée au support du bain-marie au moyen d'une vis de pression. (Voir fig. 5.)

On laisse digérer pendant une heure à la température de 35° à 38° C., en agitant de temps à autre pour empêcher la matière non dissoute d'adhérer au fond du ballon.

Ce temps écoulé, on enlève le ballon, on laisse refroidir, on remplit à la marque et on filtre (1).

IV. — Dosage de l'acide phosphorique.

On mesure 100cc du liquide filtré et on précipite avec 75cc de mixture magnésienne (2) en l'ajoutant très lentement et en agitant, pendant qu'on verse le réactif, sans toucher les parois du verre.

Il est recommandé de commencer les analyses au citrate

---

(1) Pour la filtration de la solution citrique, je me sers de filtres pliés doubles, en bon papier épais, et je jette les premiers 100cc passés, car le sulfate de chaux produit facilement des liquides troubles.

(2) Composition de la mixture magnésienne :

Chlorure de magnésium cristallisé = 100 grammes.
Chlorure d'ammonium . . . . = 200 —
Ammoniaque (D. = 0.96) . . . = 400cc.
Porter le volume à 1250cc, avec de l'eau distillée.

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans l'eau, ajouter l'ammoniaque, puis le chlorure de magnésium, et compléter le volume. Après repos de deux fois vingt-quatre heures, filtrer dans un flacon portant un tube-siphon en communication avec une burette de laquelle le réactif coule directement dans le verre à précipiter.



l'après-midi; on précipite entre 5 et 6 heures, et on filtre le lendemain matin. Ainsi le précipité se dépose pendant quinze heures(1). On filtre, on lave(2), on calcine pendant quinze minutes dans une forte flamme et on pèse après refroidissement.

V. — Modification employée pour les engrais renfermant de la magnésie(3).

5 grammes de la matière à analyser sont jetés directement sur un filtre et épuisés à l'eau froide. Le volume du filtrat est porté à 250^{cc} (a).

La matière épuisée et le filtre sont introduits dans une fiole jaugée de 250^{cc} avec 100^{cc} de citrate d'ammoniaque alcalin; on fait digérer ce mélange pendant une heure à la température de 35° à 38° C. On laisse refroidir, on complète le volume, on filtre et on mesure 50^{cc}, auxquels on ajoute 50^{cc} de la dissolution aqueuse (a), et l'on précipite par 75^{cc} de mixture de magnésie.

L'opération se continue comme pour le dosage ordinaire de l'acide phosphorique dit assimilable.

---

(1) Un repos plus court ne suffit pas pour la précipitation complète de l'acide phosphorique. La coloration jaune que l'on obtient quelquefois lorsqu'on chauffe le filtrat du phosphate ammoniaco-magnésien avec le molybdate d'ammoniaque provient, le plus souvent, de la présence de la silice.

Un repos plus long produit la précipitation de citrate basique de chaux et de magnésie et la composition du précipité ne correspond plus à la formule $2MgO.Ph^2O^5$. (Observation de M. Mayer, de Wageningen.)

(2) On lave à l'aide d'ammoniaque de densité 0.96 jusqu'à disparition de la réaction du chlore.

(3) Voir, sur le danger qu'offre la présence de la magnésie, la note suivante (page 382).

III. — COMMUNICATION

FAITE

AU CONGRÈS INTERNATIONAL DES STATIONS AGRONOMIQUES

A VERSAILLES (1).

MESSIEURS,

Deux fois déjà, j'ai été amené à me prononcer dans la délicate question de l'*acide phosphorique* dit *assimilable* : la première fois devant le Congrès des directeurs des stations agricoles siégeant, en 1879, à Baden-Baden, et la seconde fois lors d'une polémique survenue entre plusieurs chimistes français. Les *Annales agronomiques* (2) et les *Versuchsstationen* (3) ayant bien voulu donner, dans leurs colonnes, l'hospitalité à ma communication faite à Baden-Baden, et le *Journal d'Agriculture pratique* ayant publié, en août 1880, une notice que je lui ai adressée sur le dosage de l'acide phosphorique dit assimilable, je crois mon opinion suffisamment connue de mes collègues des stations et assez motivée pour pouvoir m'abstenir d'entrer ici dans de longs développements sur la question de la valeur relative de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de l'acide phosphorique rétrogradé, question que vient d'ailleurs d'exposer mon éminent maître, M. Grandeau.

---

(1) Comptes rendus de ce Congrès; Paris, 1881, page 29.
(2) *Annales agronomiques*, avril 1881.
(3) *Landw. Versuchsstationen*, tome XXIV.

Je me bornerai donc à dire quelques mots du dosage de l'acide phosphorique dit assimilable et à vous engager vivement, messieurs, à conserver et, pour ceux de vous qui n'y adhèrent pas encore, à accepter la méthode au citrate d'ammoniaque pour l'analyse des superphosphates minéraux, du superphosphate de noir, du phosphate précipité et des engrais chimiques mixtes, en réservant le dosage de l'acide phosphorique soluble dans l'eau pour le guano dissous et le superphosphate de guano, produits qui ne rétrogradent pas. L'adoption de la méthode au citrate aurait cette conséquence que l'on confonde en un seul dosage l'acide phosphorique soluble dans l'eau (phosphate acide de chaux, acide phosphorique libre) et l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin (phosphate bicalcique, phosphate de fer et d'alumine) et que l'on entende par *acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin*, ou par *assimilable*, selon M. Joulie, la somme de l'acide phosphorique soluble dans l'eau + l'acide phosphorique soluble dans le citrate. Les nombreuses expériences de culture ne laissant plus de doute que, au point de vue agricole, ces diverses formes sous lesquelles l'acide phosphorique peut se rencontrer dans les matières fertilisantes possèdent, en général, la même valeur, il est évident que le titre en éléments utiles d'un superphosphate s'exprime par la quantité d'acide phosphorique soluble dans le citrate.

Les adversaires de la méthode au citrate font valoir principalement les griefs suivants :

Discordance fréquente entre les dosages de divers chimistes employant le citrate, — perte en acide phosphorique causée par la présence de sels de magnésie, — inexactitude scientifique de la dénomination *assimilable* donnée à l'acide phosphorique soluble dans le citrate.

Examinons, messieurs, ce qu'il en est de ces reproches.

Les exemples de différences de laboratoire à laboratoire

sont, malheureusement, j'en conviens, assez fréquents. Les réduire dans les limites du possible est un des principaux buts de notre Congrès. Mais ces différences résultent non du principe sur lequel repose l'emploi du citrate, mais de différences dans son mode d'emploi. D'ailleurs, des différences de laboratoire à laboratoire ne se présentent pas fréquemment pour d'autres dosages que pour celui de l'acide moins phosphorique dit *assimilable*. Si les adversaires de la méthode au citrate se plaisent à faire valoir les différences qui se sont présentées de laboratoire à laboratoire, les partisans de cette méthode ont le droit de citer des exemples qui prouvent la concordance à laquelle divers chimistes peuvent arriver. Permettez-moi de vous en citer quelques-uns :

Un échantillon de superphosphate riche, produit belge, a été analysé en décembre 1880, en même temps par M. Joulie et par la Station de Gembloux :

		Acide phosphorique assimilable.
M. Joulie (sa méthode)		37.11 p. c.
Gembloux (méthode Petermann)(1) .	a)	36.93
	b)	37.18

Un échantillon de phosphate précipité, analysé en 1880, au laboratoire de la Station agricole de Halle, par la méthode dite par différence, a donné un titre de 39.38 p. c. d'acide phosphorique assimilable, tandis que l'on avait trouvé à Gembloux 39.58 p. c.

Le superphosphate dont on a parlé dans l'article déjà cité du *Journal d'Agriculture pratique* a donné :

	Acide phosphorique assimilable.
A Gembloux (méthode Petermann) . . .	20.11 p. c.
Halle(2) (méthode par différence) . . .	19.90
Halle (méthode Petermann)	20.04

(1) Voir ce livre, page 373.
(2) *Zeitschrift* von Fresenius, 1881, page 207.

Un industriel belge, M. F..., à E..., voulant s'assurer de la concordance atteinte par différents chimistes, a eu l'heureuse idée d'envoyer un échantillon moyen de superphosphate, préparé avec soin, aux laboratoires suivants ; voici les chiffres obtenus :

	Acide phosphorique assimilable.
M. Maret, à Paris	13.02 p. c.
M. Gaston, à Valenciennes	13.17
Station agricole de Lille	13.16
Station agricole de Gembloux	13.20
Laboratoire agricole de Gand	13.00

Ces chiffres démontrent aussi que des méthodes qui diffèrent légèrement entre elles, pourvu qu'elles soient également bonnes, permettent de trouver des résultats d'une concordance plus que suffisante.

Il me serait d'ailleurs facile de fournir des centaines d'exemples extraits des registres des laboratoires agricoles belges, qui prouvent que la concordance atteinte par différents opérateurs est aussi grande pour la méthode au citrate que pour d'autres méthodes analytiques[1].

Dans un travail publié l'année dernière dans les *Annales agronomiques*, j'avais signalé que, d'après une observation de M. Crispo, directeur de la Station agricole de Gand, un engrais renfermant une certaine dose de sels de magnésie donne un chiffre en acide phosphorique soluble dans le citrate *inférieur* à celui que l'on obtient lorsqu'on dose l'acide phosphorique soluble dans l'eau. J'ai ajouté que, dans ce cas, on ne peut doser tout l'acide phosphorique dit assimilable en une seule opération. Il faut d'abord séparer l'acide phosphorique soluble dans l'eau par un lavage à l'eau distillée et puis traiter le résidu par le citrate. L'observation de M. Crispo est exacte ; elle ne saurait d'ailleurs surprendre les chimistes. Mais vouloir conclure de ce fait,

---

(1) *Note de la seconde édition.*

de ce cas spécial, au rejet de la méthode au citrate, c'est aller trop loin, c'est considérablement exagérer l'importance de l'influence des sels de magnésie. En effet, le phosphate ammoniaco-magnésien récemment précipité, tel qu'il se forme lorsqu'on fait digérer un superphosphate de chaux magnésien ou un engrais chimique mixte avec du citrate d'ammoniaque alcalin, se dissout assez facilement dans le citrate en excès. Comment se fait-il alors, m'objectera-t-on peut-être, que, dans la méthode au citrate, on n'a pas continuellement des pertes et que le précipité obtenu après quelques heures de repos, dans la méthode Joulie, renferme tout l'acide phosphorique dissous par le citrate? La cause réside dans le fort excès de mixture magnésienne que l'on ajoute à la dissolution du citrate, qui empêche le phosphate ammoniaco-magnésien de rester en dissolution. Triturez du phosphate ammoniaco-magnésien fraîchement précipité avec du citrate d'ammoniaque : il se dissout en plus grande partie; filtrez et ajoutez au filtrat un excès de mixture magnésienne : il se reprécipite. Autre preuve de la solubilité du phosphate ammoniaco-magnésien dans le citrate : lorsque l'on ajoute peu à peu la mixture magnésienne à une dissolution d'un phosphate dans le citrate, le précipité tarde quelque temps à apparaître. Le phosphate ammoniaco-magnésien qui tend à se former est continuellement redissous par le citrate; que l'on continue à verser la mixture magnésienne et il arrive un instant où, tout à coup, le précipité apparaît; c'est le moment où le liquide renferme assez de sels de magnésie pour paralyser le pouvoir dissolvant du citrate vis-à-vis du phosphate ammoniaco-magnésien; par conséquent, le phosphate ammoniaco-magnésien, primitivement dissous, se reprécipite.

Il en résulte que la présence de faibles quantités de magnésie dans les engrais phosphatés à analyser ne peut avoir l'influence funeste que l'on voudrait lui prêter. Cet effet fâcheux ne peut être réel que pour des superphos-

phates de chaux très magnésiens ou pour les engrais mixtes dans lesquels on a introduit de fortes quantités de sels de potasse riches en chlorure ou sulfate magnésien. La plupart des phosphorites ne renferment que des traces de magnésie et, quant aux engrais chimiques mixtes, les engrais à formules, je constate avec satisfaction, au moins pour la Belgique (1), que le nombre des échantillons que l'on présente à l'analyse va continuellement en diminuant. A mesure que les notions de chimie agricole se diffusent parmi les cultivateurs, ceux-ci s'affranchissent des formules, — la plupart véritables formules de fantaisie, que les marchands d'engrais leur recommandent, — et ont recours à l'achat de matières premières choisies et combinées suivant les besoins de leur culture. Le fait que la présence des sels de magnésie complique le dosage de l'acide phosphorique dit assimilable perdra de plus en plus son importance au point de vue de l'analyse des engrais chimiques mixtes. D'ailleurs, messieurs, une méthode d'analyse qui n'est pas applicable aveuglément par le chimiste dans tous les cas qui peuvent se présenter est-elle mauvaise, est-elle à rejeter? N'avons-nous pas un grand nombre de bonnes méthodes analytiques qui, dans certains cas, demandent une légère modification ou des précautions spéciales? Il en sera de même, à l'avenir, avec la méthode au citrate : ceux qui l'emploieront examineront qualitativement si l'engrais renferme une proportion appréciable de

---

(1) La Station agricole de Gembloux a reçu :

	Nombre total des matières fertilisantes.	Engrais composés à formules.	Pour cent.
En 1875 . . .	402	91	23.0
1879 . . .	692	123	18.0
1880 . . .	834	122	15.0
1882 . . .	965	110	11.4
1884 . . .	1331	133	10.0

magnésie. Dans ce cas, on dosera l'acide phosphorique dit assimilable en deux opérations, en séparant par un lavage à l'eau froide l'acide phosphorique soluble et en traitant le résidu par le citrate. On fera exactement la même chose que lorsqu'on veut doser l'azote d'un engrais par la chaux sodée : il faut, dans ce cas, que l'on s'assure qu'il ne renferme pas de nitrates. S'il en renferme, on doit également procéder à deux opérations distinctes. Qui, pour cela, a jamais attaqué ou rejeté la méthode à la chaux sodée, que les vérifications les plus sévères ont consacrée?

Un dernier grief que l'on fait valoir contre la méthode au citrate repose sur l'adoption de l'expression « assimilable ».

Lorsque M. Joulie, il y a près de dix ans, a publié sa méthode au citrate, il a, je pense, par simple mesure de facilité de langage, donné à l'*acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin à froid* le nom d'*acide phosphorique assimilable,* — la première dénomination se prêtant, en effet, difficilement aux transactions commerciales et devant nécessairement effrayer le cultivateur non versé dans l'usage des termes chimiques. Je ne crois pas qu'il ait aucunement voulu attribuer à cette expression une valeur physiologique. Le mot *assimilable* est un simple terme de convention adopté pour la facilité du langage commercial. Ainsi compris, je ne vois, pour ma part, aucune raison pour trouver dans l'application du mot *assimilable* un grief contre la méthode au citrate. Mais si, au contraire, M. Joulie voulait donner au terme *assimilable* une portée physiologique, il dépasserait la compétence de l'expérience du laboratoire. Tous les chimistes agricoles sont certainement d'accord sur le point que l'assimilabilité d'une matière fertilisante ne peut s'établir au laboratoire seul, même si on voulait la soumettre à l'action de tous les dissolvants possibles. Nous ne pouvons jamais, au laboratoire, établir d'une manière précise l'influence que les

agents liquides ou gazeux du sol, ou l'acidité des racines, exercent sur l'assimilabilité d'un engrais donné. L'expérience de culture doit nécessairement compléter l'analyse du laboratoire. Ceux qui sont pénétrés de cette vérité se garderont bien de donner une portée physiologique au mot *assimilable* lorsqu'il est employé dans l'analyse des phosphates. Ce serait, par exemple, une conclusion très prématurée de vouloir retourner les choses et appeler *non assimilable* tout phosphate insoluble dans le citrate d'ammoniaque. Nous savons très bien, en effet, que certains phosphates, tout en étant insolubles dans l'eau ou dans le citrate au moment où nous les employons, peuvent, dans certaines conditions, produire une augmentation de récolte; ils ont donc joué le rôle d'un aliment végétal, ils ont été absorbés et transformés, ils ont donc été *assimilables* et *assimilés* physiologiquement parlant.

Parmi les adversaires de la méthode au citrate, il s'en trouve qui disent que le mot *assimilable* induit le cultivateur en erreur, car on lui offre comme *assimilable* un produit insoluble dans l'eau et, *pour être assimilée, toute matière doit être soluble dans l'eau*. Je conteste absolument l'exactitude de ce dernier raisonnement. L'état actuel de nos connaissances en nutrition végétale ne nous donne aucun droit de poser comme condition *sine qua non* de l'assimilabilité d'une matière sa solubilité dans l'eau. Bien au contraire. Comme vous l'exposait tout à l'heure M. Grandeau, les recherches de Liebig sur le pouvoir absorbant du sol, l'analyse de l'eau du sol et de drainage, les essais de M. Schlœsing sur l'épuisement du sol par des lavages méthodiques, la comparaison entre la quantité d'eau évaporée par une plante et celle des éléments nutritifs absorbés, nous obligent à abandonner l'idée, que l'on s'est longtemps faite, que les éléments nutritifs des plantes circulent à l'état de dissolution dans le sol; ils s'y trouvent, au contraire, pour la plupart, à l'état insoluble, retenus après

précipitation chimique ou par absorption physique. Les racines de la plante, dont le contenu des cellules possède toujours une réaction nettement acide, se trouvant en contact direct et intime avec les particules de terre, pralinées, pour ainsi dire, par une couche mince de matières nutritives absorbées ou en contact avec des particules d'un engrais finement divisé, ces racines peuvent parfaitement absorber des matières que nous, chimistes, appelons insolubles dans l'eau. S'il existe, par conséquent, des matières qui, tout en étant insolubles dans l'eau, peuvent être assimilées par les plantes, il y a, d'autre part, des matières qui, quoique solubles dans l'eau, ne sauraient traverser la membrane cellulaire. Je citerai un seul exemple se rapportant aux engrais azotés.

Certaines matières organiques azotées, telles que cuir, laine, etc., renferment, lorsqu'elles ont été traitées par l'acide sulfurique ou par la vapeur sous pression, une partie de leur matière azotée sous une forme soluble dans l'eau (tyrosine, leucine ou analogues), sans être déjà parvenue à l'état d'ammoniaque. Toute tentative de nourrir la cellule végétale directement par des matières organiques azotées ayant échoué, nous devons considérer celles-ci comme non assimilables, malgré leur solubilité dans l'eau : elles ne deviennent nourriture végétale qu'après leur transformation en ammoniaque ou en acide nitrique.

La solubilité dans l'eau, pas plus que la solubilité dans le citrate ou dans tout autre réactif, n'est un critérium exact de l'assimilabilité d'une matière fertilisante. Les nombreux essais tentés par beaucoup d'expérimentateurs afin d'établir une espèce d'échelle de l'assimilabilité des matières fertilisantes, en les mettant en contact avec une série de réactifs, devaient nécessairement avorter, le principe sur lequel ils étaient basés étant faux.

Il résulte de ce que je viens d'exposer que, si nous voulons continuer à employer le mot *assimilable* comme

terme d'abréviation de l'expression si longue d'*acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin*, nous devons faire, une fois pour toutes, nos réserves sur la portée physiologique de cette expression; car, sans cela, nous nous exposerons à des attaques, d'ailleurs fondées, de la part des physiologistes, qui pourraient nous reprocher d'employer improprement le mot *assimilable*.

Cette réserve faite, nous pouvons, pensons-nous, rallier à la méthode au citrate ceux de nos collègues qui, dans l'emploi du mot *assimilable* croient devoir trouver un grief contre l'adoption de ce procédé.

Je termine, messieurs, en déposant sur le bureau la déclaration suivante, que je vous prie d'examiner et que M. le président voudra bien soumettre au vote :

*Les directeurs des stations agronomiques réunis en Congrès international conviennent d'adopter, pour l'analyse des superphosphates minéraux, des superphosphates de noir, des phosphates précipités et des engrais chimiques mixtes, l'analyse au citrate d'ammoniaque alcalin; ils désignent le titre de ces produits sous le nom d'*acide phosphorique assimilable, *sans que ce terme emporte avec lui une signification physiologique.*

M. Joulie qui, le premier, a introduit le mot « assimilable » dans l'analyse des engrais phosphatés, s'étant, dans le cours de la discussion, déclaré prêt à abandonner cette expression, sur l'inopportunité de laquelle tout le monde a été d'accord, il n'y avait plus lieu de maintenir la dernière partie de notre proposition. Le Congrès, après avoir entendu MM. Grandeau, Joulie, Lechartier et Bobierre, a adopté, à l'unanimité de ses membres, les propositions faites par MM. Petermann et Bobierre, en donnant à la résolution qu'il a prise la rédaction suivante :

Le Congrès émet le vœu que, dans la rédaction des certificats d'analyse, les directeurs des stations expriment la solubilité de l'acide phosphorique par les expressions acide phosphorique

soluble dans le citrate d'ammoniaque à froid ou soluble dans l'eau (1) *et non par celle d'*acide phosphorique assimilable.

Le Congrès pense, en effet, que, si on appelait assimilable l'acide phosphorique soluble dans le citrate, on classerait implicitement et nécessairement dans la catégorie des principes non assimilables les phosphates évidemment solubles dans le sol, tels que ceux que renferment le noir animal, le guano, la poudre d'os, les fumiers, les phosphates fossiles eux-mêmes.

Les directeurs des stations agronomiques réunis en Congrès international conviennent d'adopter, pour l'analyse des superphosphates minéraux, des superphosphates de noir, des phosphates précipités et des engrais chimiques mixtes, l'analyse au citrate d'ammoniaque alcalin à froid, en réservant au Congrès prochain la question de la valeur relative de l'acide phosphorique sous ses diverses formes.

---

(1) Le dosage de l'acide phosphorique soluble dans l'eau est réservé pour l'analyse du guano du Pérou dissous et du superphosphate de guanos non azotés, produits qui ne rétrogradent pas.

X

ANALYSE

DES

RAMEAUX DU SAULE BLANC[1].

L'extension que prend tous les ans la production de l'osier, en rapport avec le développement de l'industrie de la vannerie, nous engage à publier une analyse des rameaux du saule blanc.

L'échantillon sur lequel a porté l'analyse se composait de 32 rameaux (de 2 à 12 millimètres d'épaisseur et de 1 mètre de longueur) de souches de *Salix alba* (var. Vitellina) originaires d'une terre sablo-argileuse. Les brins non écorcés et coupés en morceaux ont été séchés à l'air pendant une semaine et réduits ensuite en poudre à l'aide d'un moulin à cône en acier trempé. Nous avons constaté la composition suivante :

Eau	8.23
Matières organiques.	89.74 (*)
Matières minérales	2.03
	100.00
(*) Renfermant azote	1.28

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 23 (février 1881).

	CENDRE BRUTE.	CENDRE PURE exempte de sable, d'acide carbonique et de carbone.
Potasse	20.46	23.97
Soude	11.93	13.98
Chaux	25.92	30.37
Magnésie	7.17	8.40
Oxyde de fer (traces de manganèse). .	0.98	1.15
Acide sulfurique	4.87	5.71
Acide phosphorique	13.62	15.96
Acide silicique.	0.15	0.17
Chlore	0.25	0.29
Carbone.	1.01	—
Sable.	0.91	—
Acide carbonique	12.73	—
	100.00	100.00

En rapportant à 100 de matière séchée à l'air les chiffres trouvés pour la composition de la cendre, nous pouvons établir que 100 kilogrammes de branches de saule blanc enlèvent au sol qui les a produits les principaux éléments nutritifs suivants :

1.28 kilogramme d'azote;
0.42 » de potasse;
0.24 » de soude;
0.53 » de chaux;
0.15 » de magnésie;
0.28 » d'acide phosphorique.

Le rendement, naturellement très variable, d'une oseraie en bon rapport étant de 390 bottes(1) pesant à l'état sec 8 kilogrammes chacune, on peut évaluer à 3120 kilogrammes la récolte moyenne d'un hectare. Ces 3120 kilogrammes contiennent en chiffres ronds :

40.0 kilogrammes d'azote;
13.0 » de potasse;
7.5 » de soude;
16.5 » de chaux;
4.5 » de magnésie;
8.5 » d'acide phosphorique.

(1) DAMSEAUX, *Notes sur la culture de l'osier;* Namur, 1880.

La quantité des éléments nutritifs enlevés par une récolte d'osiers, tout en étant inférieure à celle nécessaire à une récolte de plantes agricoles, est cependant considérable. Si, malgré cela, l'osier est peu exigeant quant à la qualité du terrain qui le produit et s'il se contente de sols relativement pauvres, il faut expliquer ce fait par le développement prodigieux que prend son système radiculaire.

Il peut néanmoins être avantageux d'appliquer des engrais; ils assureraient dès les premières années une pousse plus vigoureuse, une augmentation de rendement, et, en outre, ils contribueraient à prolonger la durée de l'oseraie. Nous pensons, en premier lieu, aux composts, aux boues d'étangs et de fossés, à la chaux, aux cendres de bois, aux sels de potasse et aux phosphates. Quant aux engrais azotés, ils doivent, comme cela est toujours, du reste, à conseiller lorsqu'il s'agit de leur emploi à la production du bois, être appliqués à dose modérée. On pourra en être d'autant plus sobre dans la culture de l'osier, que la grande quantité de débris foliacés rend annuellement au sol une notable proportion d'azote, provenant en partie de l'air; les travaux de M. Schlœsing et de M. Mayer ne laissent, en effet, plus de doute sur l'aptitude des feuilles à assimiler l'ammoniaque répandue dans l'atmosphère.

XI

ANALYSE

DE

LA BRUYÈRE, DE LA FOUGÈRE ET DU GENÊT[1].

Les vastes terrains incultes des Ardennes, que de courageux défricheurs commencent à transformer çà et là en prairies et même en terres labourables pour y cultiver l'avoine, le seigle et la pomme de terre, sont couverts d'une végétation qui, tout en étant spontanée, constitue néanmoins une ressource précieuse pour ce pays. Cette végétation est utile aux habitants de ces contrées, en ce sens qu'elle contribue puissamment à la désagrégation des roches schisteuses et quartzo-schisteuses, qu'elle est la cause de la formation de la tourbe des fagnes et enfin qu'elle constitue une espèce d'éponge immense absorbant et cédant seulement peu à peu les énormes quantités d'eau qui tombent sur ces hauteurs. Mais, à côté de ces services plutôt indirects, les plantes de cette végétation, et tout particulièrement la bruyère, la fougère et le genêt, sont aussi d'une utilité immédiate.

Le mouton en pâture ronge volontiers les jeunes pousses

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 28 (mars 1883).

de bruyère et de genêt. Brûlées sur place, ces plantes laissent une cendre qui forme une excellente matière fertilisante pour l'avoine, qui suit, le plus souvent, l'écobuage. Coupés à la faux ou arrachés avec leurs racines et séchés pendant quelque temps à l'air, au soleil et au vent, la bruyère, la fougère et le genêt servent de combustible, dont la cendre, comme celle du bois, est recueillie avec soin. Pendant les longs mois d'hiver, où le bétail ne peut séjourner sur les prairies, ces plantes remplacent aussi la paille comme litière et forment la masse principale du tas de fumier qu'on voit devant les chaumières des Ardennes.

Fréquemment, la fougère et la bruyère sont enterrées comme engrais vert. Le genêt en fleur, dont la richesse en potasse est depuis longtemps connue, est souvent composté avec la terre et les déchets de ménage et de ferme; après quelque temps de fermentation, ce compost forme un engrais apprécié par les cultivateurs ardennais.

Les quelques considérations qui précèdent nous ont engagé à soumettre à l'analyse ces plantes modestes, mais si utiles à l'agriculture de nos Ardennes. C'est dans ce but que nous avons cueilli sur le plateau qui s'étend derrière le château de la Havette, près de Spa, un grand nombre de plantes de bruyère (*Erica vulgaris*), de genêt (*Genista pilosa*) et de fougère (*Pteris aquilina*); ces plantes, portées au laboratoire, ont été séchées à l'air pendant dix jours, sans chaleur artificielle; elles ont été coupées ensuite en brins de 3 centimètres environ et ces morceaux ont été intimement mélangés. De ce mélange, comprenant donc toutes les parties de la plante, tiges, feuilles, fleurs, on a prélevé l'échantillon moyen d'un kilogramme environ, dans lequel on a dosé : l'eau, les matières organiques, l'azote, les matières minérales. La composition complète des cendres a été également établie. Ces analyses ont été faites par M. Warsage.

Composition de la fougère, de la bruyère et du genêt

(SÉCHÉS A L'AIR).

	Fougère.	Bruyère.	Genêt.
Eau	14.70	12.70	12.30
Matières organiques(*).	75.75	85.06	84.79
Matières minérales	9.55	2.24	2.91
	100.00	100.00	100.00
(*) Renfermant azote	2.38	0.80	2.54

Composition de la cendre brute.

	Fougère.	Bruyère(1).	Genêt (1).
Potasse	28.90	16.50	31.35
Soude.	2.48	3.11	3.03
Chaux.	8.77	10.28	13.45
Magnésie.	5 20	6.90	7.28
Oxyde de fer.	0.68	1.59	0.81
Acide sulfurique	5.95	4.23	3.34
Acide phosphorique	3.45	1.42	10.19
Acide silicique	13.12	7.00	0.80
Chlore.	8.32	1.22	2.82
Carbone	17.06	30.90	11.15
Sable	6.59	11.50	4.70
Acide carbonique	1.47	4.35	10.98
	101.99	99.00	99.90
A retrancher l'oxygène équivalant au chlore	1.87	0.28	0.64
	100.12	98.72	99.26

Telle est la composition des cendres obtenues par une incinération grossière; pour établir celle de la matière minérale des trois plantes étudiées, nous devons rapporter les chiffres précédents à 100 parties de matière exempte de carbone, de sable et d'acide carbonique.

(1) La cendre de la fougère et du genêt donne une réaction très nette de manganèse.

Composition de la cendre pure

(exempte de sable, de carbone et d'acide carbonique).

	Fougère.	Bruyère.	Genêt.
Potasse	38.53	31.74	43.28
Soude.	3.31	5.98	4.18
Chaux.	11.69	19.78	18.57
Magnésie.	6.93	13.28	10.05
Oxyde de fer.	0.91	3.06	1.12
Acide sulfurique.	7.93	8 14	4.61
Acide phosphorique.	4.60	2.73	14.07
Acide silicique	17.51	13.47	1.11
Chlore.	11.09	2.35	3.89
	102.50	100.53	100.88
A retrancher l'oxygène équivalant au chlore	2.50	0.53	0.88
	100.00	100.00	100.00

En rapportant à 100 parties de plantes séchées à l'air les chiffres trouvés pour la composition de la cendre, nous pouvons fixer comme suit la proportion des principaux éléments nutritifs contenus dans 100 kilogrammes de fougère, de bruyère et de genêt :

100 kilogrammes de plantes séchées à l'air renferment :

	Fougère.	Bruyère.	Genêt.	Paille de seigle pour comparaison.
Azote	2.38	0.80	2.54	0.40
Potasse	2.76	0.37	0.91	0.86
Soude.	0.03	0.07	0.09	0.07
Chaux.	0.84	0.23	0.39	0.31
Magnésie.	0.50	0.15	0.21	0.12
Acide phosphorique . .	0.33	0.03	0.30	0.25

Les résultats de nos recherches prouvent que les principaux représentants de la végétation spontanée des Ardennes, et particulièrement les fougères et les genêts, constituent, comme nous l'avons dit plus haut, une véritable richesse pour l'agriculture de ce pays. La fougère et le genêt ren-

ferment six fois et la bruyère deux fois plus d'azote que la paille de seigle. Les cendres de ces plantes contiennent en quantité considérable de la potasse et de l'acide phosphorique, et elles sont beaucoup plus riches que la cendre de bois qui — notamment celle de sapin — ne renferme, en moyenne, que 2.5 p. c. d'acide phosphoriqne et 6 p. c. de potasse.

L'analyse chimique explique donc amplement les effets favorables obtenus depuis longtemps par l'emploi de la fougère, du genêt et de la bruyère, soit en utilisant leurs cendres, soit en les enfouissant comme engrais verts, soit en se servant de ces plantes pour la confection de compost ou de fumier.

Quoique la faculté que possèdent la fougère, le genêt et la bruyère d'absorber le purin soit inférieure à celle de la paille, elle est néanmoins encore suffisamment élevée pour permettre d'utiliser ces plantes comme litière pour le bétail. Boussingault déjà, en étudiant les litières, constata que 100 kilogrammes de bruyère séchée à l'air peuvent retenir 100 litres de purin, tandis que, pour 100 kilogrammes de paille, ce chiffre est de 220 litres.

Nous avons également mis en contact avec du purin de vache pendant cinq jours les plantes que nous avions cueillies dans les Ardennes, après les avoir préalablement séchées à l'air et coupées en brins de quelques centimètres, et nous avons trouvé que :

100	kilogrammes	paille de froment	peuvent retenir	254	litres de purin.
100	—	fougère	—	212	—
100	—	bruyère	—	190	—
100	—	genêt	—	111	—

SECONDE PARTIE

ANALYSES

DE

MATIÈRES FERTILISANTES

I

LA PRÉCIPITATION DES EAUX D'ÉGOUT

PAR LE PROCÉDÉ WHITTHREAD(1).

(Rapport sur un essai d'épuration des eaux d'égout de la ville de Bruxelles.)

MM. Prange et Busch, de Liverpool, offrent à la ville de Bruxelles et à la Banque de Bruxelles leur procédé de précipitation chimique des eaux d'égout, appelé *Whitthread Process*. Ayant obtenu de la ville de Bruxelles la permission de faire quelques expériences sur les eaux d'égout de cette cité, ces messieurs, ainsi que la Banque de Bruxelles, nous ont demandé de vouloir assister à ces essais, d'analyser les eaux d'égout avant et après leur précipitation et de fixer la valeur agricole du dépôt obtenu. Vu l'intérêt général qui s'attache à l'importante question de l'utilisation rationnelle des eaux d'égout, tant au point de vue hygiénique qu'au point de vue agricole, et vu aussi l'attention tout actuelle dont jouit cette question de la part de la ville de Bruxelles, nous n'avons pas hésité à accepter cette mission.

Nous nous empressons cependant de dire tout d'abord, et nous ne saurions trop insister sur ce point, que le

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 11 (juillet 1875).

présent rapport n'a nullement la prétention de vouloir trancher la grave question qui en fait l'objet; c'est uniquement un simple ***rapport analytique sur des expériences exécutées sur une très petite échelle.*** Nous le ferons précéder de quelques considérations générales, afin de bien faire ressortir le but que l'on se propose d'atteindre par la précipitation chimique des eaux d'égout.

L'enlèvement et l'utilisation rationnelle des excréments humains, au double point de vue de la salubrité publique et des intérêts de l'agriculture, est une question dont on attend toujours la solution. La polémique entre les partisans de l'***écoulement*** (envoi des vidanges dans les égouts) et les partisans de l'***enlèvement*** (soit par tonneaux mobiles, soit par enlèvement pneumatique) est devenue de plus en plus vive, sans que l'un ou l'autre moyen soit parvenu à prévaloir. L'observateur impartial ne peut cependant pas s'empêcher de remarquer que, depuis peu de temps et depuis l'expérimentation de la question en grand, la balance commence à pencher en faveur de l'écoulement (canalisation).

Les eaux d'égout amenées hors des villes doivent être désinfectées avant de s'écouler dans les rivières. Il ne peut entrer dans l'esprit de personne de vouloir assainir les villes pour infecter les campagnes. De plus, ces eaux doivent être utilisées par l'agriculture afin de restituer à celle-ci la plus grande partie possible des matières nutritives des plantes (azote, acide phosphorique, potasse) que les campagnes livrent sous forme de graines, de légumes, de viande, de laitage, à nos grands centres de population.

On veut atteindre ce double but en employant les eaux d'égout :

1° A l'irrigation; ou en les traitant :
2° Par précipitation, ou
3° Par décantation, ou
4° Par filtration ; ou
5° En combinant l'un et l'autre de ces systèmes.

La précipitation, dont nous avons seulement à tenir compte ici, poursuit, avant tout, le but d'*enlever au sewage la plus grande quantité possible des matières organiques qu'il renferme en suspension et en dissolution.*

Ce but doit être atteint :

1° En mélangeant au sewage une matière qui, en se déposant, agit par simple entraînement;

2° Ou en mélangeant au sewage successivement des matières produisant un précipité. Ce précipité, en se formant au sein du liquide même et en se déposant, détermine une épuration mécanique et chimique.

Jusqu'à présent, cette question a presque exclusivement été étudiée en Angleterre et le nombre des agents proposés pour la précipitation dépasse la centaine. La solution de cette question est, en effet, urgente pour l'Angleterre, où une nouvelle loi interdit l'écoulement dans les rivières de toute eau qui contient par hectolitre plus de 2.0 grammes de carbone et 0.3 gramme d'azote en combinaisons organiques.

Le procédé *Whitthread*, dont MM. Prange et Busch sont propriétaires, repose sur l'idée de traiter le sewage par un mélange de phosphate monocalcique, bicalcique et tricalcique, jusqu'à réaction acide du liquide et d'ajouter ensuite un lait de chaux jusqu'à réaction légèrement alcaline. L'acide phosphorique soluble du précipitant employé sera, par conséquent, précipité par le lait de chaux sous forme de phosphate de chaux bicalcique ou, s'il y a grand excès de chaux ou si celle-ci est riche en carbonate, comme phosphate tricalcique. Ces phosphates, se déposant à l'état floconneux, entraînent des matières en suspension, tout en précipitant une partie des matières en dissolution. Le précipité obtenu doit donc être formé par :

1° *Du phosphate bicalcique et du phosphate tricalcique*,

ou résultant de la précipitation produite au sein du liquide même ou provenant du réactif employé ;

2° *Du sulfate de chaux*, dont la plus grande partie provient du superphosphate contenu dans le réactif et une faible partie de la décomposition des sulfates du sewage par le lait de chaux;

3° *Du carbonate de chaux* provenant du lait de chaux;

4° *Des matières organiques* entraînées par le précipité;

5° *Du sable et de l'argile en suspension dans le sewage* et déposés pendant le repos du liquide;

6° *Des éléments accessoires* variant suivant la composition du sewage : oxyde ou sulfure de fer, alumine, phosphate ammoniaco-magnésien, etc.

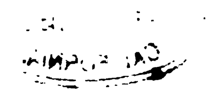
Le 3 juin 1875, nous nous sommes rendu, assisté de M. Mercier, préparateur à la Station agricole, à l'endroit où le grand collecteur de la ville de Bruxelles déverse ses eaux dans la Senne. En passant le pont qui conduit de la route vers l'endroit où sont établies les pompes, « station des pompes », on voyait à gauche des ensablements de boues noires et infectes; l'air était chargé d'une odeur nauséabonde.

Tous les quarts d'heure, entre 11 et 3 heures, nous avons puisé un seau d'eaux d'égout au moment où celles-ci sortaient des pompes. Notons que les pompes élèvent le sewage d'environ 4 mètres, afin de lui donner plus de pente au point où il s'écoule dans la Senne. Ces échantillons furent réunis dans un tonneau. Pendant ces opérations, nous avons fait un analyse qualitative sommaire :

Pour treize échantillons, réaction faiblement alcaline; deux échantillons neutres.

Température moyenne des quinze échantillons : 15°6 C.

Température de l'air : 28° C.



Eau très trouble, presque noire, grande quantité de matières en suspension, odeur répugnante, marécageuse; chauffée : dégagement d'*ammoniaque,* mais point de *sulfhydrate d'ammonium ;* chauffée avec une goutte d'*acide chlorhydrique*, odeur très prononcée d'acide sulfhydrique, forte coloration du papier de plomb.

Après avoir réuni toutes les prises d'essai et remué le liquide, on en a formé l'échantillon-type.

Composition du sewage de Bruxelles.

Échantillon moyen provenant de quinze échantillons pris le 3 juin 1875, entre 11 heures du matin et 3 heures de relevée.

UN HECTOLITRE RENFERME :

En suspension :	51gr.88	Matières organiques		26gr.23
		Matières minérales		25 . 65
En dissolution :	92gr.32	Matières organiques		43 . 92
		Matières minérales		48 . 40
		Carbone organique	10.77	
		Azote organique	1.38	
		Azote ammoniacal	3.83	
		Azote nitrique	Point.	
		Acide phosphorique	0.77	
		Chlore	13.26	
Total :	144gr.20			

Il résulte de l'analyse précédente(1) que l'échantillon

(1) Le sewage de Bruxelles renfermait aussi par litre 0gr.0057 d'acide sulfhydrique. Nous indiquons ce titre sous réserve. Il est très probable que, pendant le transport et le séjour de l'eau dans une bouteille bouchée, les matières organiques, en l'absence de l'oxygène de l'air, ont provoqué une réduction des sulfates. Lorsque nous ouvrîmes la bouteille au laboratoire à Gembloux, l'odeur de l'acide sulfhydrique était très prononcée. Suivant M. Frankland, le sewage des villes anglaises est exempt d'acide sulfhydrique. M. Ronna considère la présence de l'acide sulfhydrique comme indice de dépôts et d'ensablements dans la canalisation même.



analysé, qui représente l'eau avec laquelle on a opéré la précipitation, est beaucoup plus chargé que les eaux d'égout d'autres villes.

UN HECTOLITRE DE SEWAGE RENFERME :

	Bruxelles.	Romford.	(1) Moyenne de 32 villes anglaises.	
Matières en suspension . .	51.88	24.14	41.90	grammes.
— dissolution . .	92.32	71.20	77.30	—
Total . .	144.20	95.34	119.20	grammes.

Quant au rapport des matières organiques aux matières minérales, il est sensiblement le même dans les matières en suspension et dans les matières en dissolution, ainsi que l'indiquent les chiffres ci-dessus. On peut en conclure *que les matières en suspension et les matières en dissolution se composent de parties égales de matières organiques et de matières minérales*. Nous fixons l'attention sur ce point, parce qu'on verra plus loin que cette proportion a changé considérablement dans le sewage épuré. Nous avons suivi dans l'analyse l'exemple de M. Frankland, qui, vu le procédé défectueux dont la chimie dispose pour doser, en présence de carbonates et de sels ammoniacaux, la totalité des matières organiques, a proposé de doser le carbone en combinaisons organiques et de choisir ce dosage, ainsi que celui de l'azote en combinaisons organiques, comme indice principal de l'insalubrité plus ou moins grande d'une eau.

L'analyse révèle que le titre en carbone organique de l'échantillon sur lequel le procédé Whitthread a été essayé est plus élevé que celui des villes anglaises.

---

(1) Ces chiffres sont pris dans l'ouvrage de M. Ronna, *Égouts et irrigations ;* Paris, 1873.

	Bruxelles.	Moyenne de 32 villes anglaises, suivant Frankland.
Carbone organique par hectolitre . . .	10.77	4.44

Nous avons également dosé le chlore, parce que le titre en cet élément peut servir comme indice propre à nous renseigner si le sewage est plus ou moins chargé, comme le dosage du carbone et de l'azote organique nous sert d'indice de son insalubrité. La consommation en sel par la population d'une ville étant très peu variable, le titre du sewage en chlore dépend donc essentiellement de la quantité d'eau utilisée pour les usages domestiques et les services publics, ainsi que de celle livrée par les pluies.

La précipitation a été faite avec 28 litres de sewage; MM. Prange et Busch y ont ajouté 32 grammes de leur précipitant délayé dans un peu d'eau. Le précipitant renferme selon notre analyse :

9.95 p. c.	d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau (phosphate monocalcique).
1.67 —	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin (phosphate bicalcique).
10.53 —	d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique (phosphate tricalcique).
22.15 p. c.	d'acide phosphorique anhydre total.

Après avoir ajouté le précipitant, la réaction du sewage était légèrement acide; il fut saturé jusqu'à réaction alcaline en ajoutant un lait de chaux (20 grammes de chaux éteinte à 300 centimètres cubes d'eau). Tout le liquide se remplissait immédiatement d'un précipité floconneux qui se déposait rapidement. Après 22 minutes, toutes les matières en suspension étaient réunies au fond du tonneau, l'eau surnageante était claire. Nous avons pris alors l'échantillon qui devait servir à l'analyse.

Le sewage précipité avait une réaction alcaline, la coloration était jaune claire «blonde», l'odeur nauséabonde

des cloaques avait presque complètement disparu ; on pouvait parfaitement la supporter.

Composition du sewage précipité.

Échantillon provenant de 28 litres de sewage traité suivant le procédé Whitthread.

UN HECTOLITRE RENFERME :

En suspension :	5gr.73	Matières organiques. . . .		1gr.52
		Matières minérales		4.21
En dissolution :	76gr.92	Matières organiques . . .		17.48
		Matières minérales		59.44
		Carbone organique . .	6.95	
		Azote organique. . .	0.89	
		Azote ammoniacal . .	4.16	
		Azote nitrique . . .	Point.	
		Acide phosphorique .	Traces.	
		Chlore	13.16	
Total :	82gr.65			

Comparaison entre le sewage naturel et le sewage épuré.

	EN SUSPENSION. GRAMMES.			EN DISSOLUTION. GRAMMES.								
	Matières organiques.	Matières minérales.	TOTAL.	Matières organiques.	Matières minérales.	TOTAL.	Carbone organique.	Azote organique.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	Acide phosphorique.	Chlore.
Sewage naturel	26.23	25.65	51.88	43.92	48.40	92.32	10.77	1.38	3.86	0.00	0.77	13.26
Sewage précipité	1.52	4.21	5.73	17.48	59.44	76.92	6.95	0.89	4.16	0.00	traces	13.16

Il résulte des chiffre du tableau précédent que la précipitation par le procédé Whitthread produit une épuration beaucoup plus énergique que l'on ne serait porté à le croire d'abord. La quantité des matières organiques en suspension a été réduite de 26.23 grammes à 1.52 gramme; celle de la matière minérale en suspension de 25.65 grammes à 4.21 grammes. Sur 5.73 grammes de matières en suspension, il y a, dans le *sewage épuré*, seulement 1.52 gramme de matières organiques, c'est-à-dire 26 p. c. en chiffres ronds, tandis que la proportion des mêmes matières dans le sewage naturel est de 50 p. c., comme nous l'avons démontré plus haut.

Ce ne sont pas seulement les matières organiques en suspension que l'épuration atteint, mais aussi celles en dissolution. Le sewage naturel renferme 43.92 grammes et le sewage épuré 17.48 grammes de matières organiques en dissolution. La proportion des matières minérales dissoutes a, par contre, légèrement augmenté, ce qui provient du lait de chaux que l'on doit ajouter en faible excès afin de produire une légère réaction alcaline. La diminution de la matière organique se manifeste aussi par les dosages du carbone et de l'azote sous forme de combinaisons organiques. Tandis que le sewage naturel contient par hectolitre 10.77 grammes de carbone organique et 1.38 gramme d'azote organique, le sewage qui s'écoule du précipité ne renferme plus que 6.95 grammes de carbone et 0.89 gramme d'azote. Ces chiffres dépassent encore le maximum admis par la loi anglaise ; il faut cependant considérer, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que l'eau sur laquelle on a opéré est beaucoup plus chargée que les eaux des villes anglaises. La précipitation a diminué le titre en carbone de 35.5 p. c. et le titre en azote organique de 35 p. c.

Nous voyons encore que le sewage épuré renferme un peu plus d'azote ammoniacal que le sewage naturel. Le

docteur Russell[1] a constaté le même fait en analysant le sewage de Romford et le sewage épuré suivant le procédé Whitthread. Ce fait s'explique parfaitement par la réaction de la chaux sur les matières organiques en dissolution. Par contre, l'acide phosphorique a presque complètement disparu; le sewage épuré, même concentré et après la destruction de la matière organique, ne donne avec le molybdate d'ammoniaque qu'une coloration jaune, mais aucun précipité dosable. Ce résultat est d'ailleurs tout naturel, puisque la chaux précipite non seulement l'acide phosphorique du réactif employé, mais aussi l'acide phosphorique contenu dans le sewage naturel. Cette précipitation doit être complète dans un liquide renfermant de la chaux, des sels de magnésie et de l'ammoniaque.

Le dépôt obtenu par la précipitation suivant le procédé Whitthread a été filtré et séché à l'air; il forme alors une poudre grisâtre parfaitement homogène, sans odeur prononcée, et il ne retient plus que 4.71 p. c. d'eau. L'analyse a été faite avec la matière fraîche, mais nous la reproduisons calculée pour la matière séchée à 100° C., afin de nous placer dans des conditions analogues à celles réalisées en Angleterre par MM. Prange et Busch dans la fabrication en grand, où ils sèchent le dépôt obtenu sur des séchoirs.

Dépôt obtenu par la précipitation du sewage de Bruxelles.

2.27	p. c.	d'eau (perte à 160° C., eau du sulfate de chaux).
23.31	—	de matières organiques renfermant 0.60 d'azote organique.
56.14	—	de matières minérales, renfermant : 4.87 d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin; 4.77 d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
18.28	—	de sable et d'argile.
100.00	p. c.	

(1) *Report of the British Association at Brigton*; Londres, 1873.

Ce dépôt constitue certainement un bon engrais phosphaté, titrant 9.64 d'acide phosphorique, dont la moitié se trouve à l'état assimilable; mais le faible titre en azote s'oppose à ce que ce dépôt trouve facilement un débouché assuré. Il est cependant probable que le travail en grand fournirait un engrais plus azoté; la précipitation, se faisant beaucoup plus lentement dans ce mode de travail, doit entraîner plus de matières organiques; d'autre part, MM. Prange et Busch nous assurent qu'ils emploient, en travaillant en grand, relativement moins de précipitant et moins de chaux, ce qui produit une augmentation relative de l'azote. Le docteur Russell, en analysant le dépôt obtenu par la précipitation du sewage de Romford, a constaté un titre en azote correspondant à 3.03 p. c. d'ammoniaque, soit 2.50 p. c. d'azote.

L'engrais tel qu'il a été obtenu par notre essai aurait une *valeur théorique* de :

4.87 d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate, à 75 centimes le kilogramme	fr. 3 65
4.77 d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide, à 20 centimes le kilogramme	» 0 95
0.60 d'azote organique à 2 francs le kilogramme . . .	» 1 20
	Fr. 5 80 (1)

Cet engrais devrait donc, sac compris, être livré au public à un prix qui ne dépasserait pas 6 fr. 50 c. les 100 kilogrammes.

Suivant nous, il s'agirait maintenant de décider, par l'examen de l'établissement de MM. Prange et Busch en Angleterre et par plusieurs essais en grand portant au moins sur des quantités de 20 à 25 mètres cubes de sewage de Bruxelles, quel est le prix de revient auquel l'engrais pourrait être obtenu, et surtout d'examiner si, en réalité, par

(1) Ces prix s'appliquent à 1875; ils sont actuellement presque 50 p. c. plus bas. (*Note de la seconde édition.*)

le travail en grand, l'engrais serait plus azoté, condition essentielle pour la réussite de l'entreprise. Nous engageons les personnes intéressées à se décider à faire un essai de ce genre. Vu la bonne épuration du sewage obtenu par le procédé Whitthread au point de vue de la salubrité, nous sommes d'avis que l'épreuve, ayant pour but de décider si le procédé est économique ou non, doit être tentée et qu'on ne doit pas reculer devant la légère dépense à faire à ce sujet. Un devis estimatif, dressé par un ingénieur, permettrait de constater si l'engrais obtenu couvrirait les frais de production. Nous ne pouvons cependant pas cesser de douter qu'une société créée dans le seul but de précipiter le sewage puisse réaliser des bénéfices; tous les procédés proposés jusqu'à ce jour pour la précipitation par des agents chimiques et dont plusieurs ont fourni une désinfection assez satisfaisante, ont donné, au point de vue financier, des résultats peu lucratifs.

Il est vrai que le procédé Whitthread précipite une partie des matières azotées en suspension et en dissolution; mais il ne tire aucun profit de l'ammoniaque du sewage. Son application au sewage de Bruxelles, avec un titre moyen de 4 grammes d'azote ammoniacal par hectolitre et un écoulement de 80,000 mètres cubes par jour, n'empêcherait pas une perte annuelle en azote qui dépasserait 1,100,000 kilogrammes. D'autre part, l'écoulement du sewage précipité dans la rivière n'éloignerait pas encore toutes les craintes au point de vue hygiénique. Le sewage précipité, quoique épuré à un haut degré par le procédé Whitthread, — nous nous empressons de le reconnaître, — renferme cependant encore des matières organiques éminemment fermentescibles, qui, avant d'être transformées en acide carbonique, ammoniaque et acide nitrique, constituent un milieu extrêmement favorable au développement d'êtres microscopiques de nature végétale ou animale. Le seul moyen d'utiliser l'azote perdu par l'emploi du procédé Whitthread

et, à la fois, de hâter la transformation des matières organiques fermentescibles du sewage en acide carbonique, ammoniaque et acide nitrique, est l'irrigation. C'est le passage à travers la terre, favorisé et accéléré par le drainage, qui produit le plus rapidement cette décomposition ou, comme on peut dire, la « minéralisation » du sewage. Et c'est précisément dans la combinaison de la précipitation chimique du sewage et de l'emploi à l'irrigation du sewage précipité que nous sommes tenté de voir la solution de la grave question de l'utilisation des eaux d'égout. L'irrigation à l'aide du sewage brut présente des inconvénients. Des auteurs compétents et partisans prononcés de l'irrigation(1) reconnaissent cependant que les matières organiques en suspension qui se déposent à la surface du sol sous forme d'une boue, après une irrigation continue, se réunissent si intimement aux particules terreuses, que la perméabilité du sol diminue considérablement. Il arrive alors que le sewage ne passe plus à travers le sol, qu'il s'écoule à la surface, condition qui s'oppose à l'utilisation complète de ses principes fertilisants, aussi bien qu'à la désinfection désirée.

Cette considération sur l'emploi à l'irrigation du sewage épuré nous a engagé à compléter nos analyses par un dosage de potasse; nous y avons constaté 6.83 grammes de potasse dans un hectolitre. Le sewage épuré renferme donc en abondance deux des éléments nutritifs les plus importants : l'azote et la potasse. Il faudrait les compléter par l'emploi d'une partie de l'engrais phosphaté obtenu par la précipitation.

---

(1) Voir aussi les recherches expérimentales sur le sewage de Berlin, faites par M. Muller. (*Landw. Versuchsstat.*, tome XVI, page 253.)

Conclusions sur le procédé Whitthread, tirées des essais faits avec le sewage de Bruxelles.

1° Le procédé Whitthread constitue un puissant moyen d'épurer le sewage;

2° Son action se manifeste surtout sur les matières organiques en suspension, dont il enlève 94 p. c.

Elle s'étend aussi aux matières organiques en dissolution.

Par la précipitation, le titre en carbone organique a diminué de 35 p. c.;

3° L'acide phosphorique du sewage est presque entièrement précipité par ce procédé;

4° Le procédé Whitthread n'utilise pas l'ammoniaque du sewage; il en augmente même légèrement le titre par suite de la réaction de la chaux sur les matières organiques en dissolution;

5° L'engrais obtenu par la précipitation constitue un engrais spécialement phosphaté, mais peu azoté. Il est cependant probable que, par le travail en grand, on obtiendrait un engrais plus riche en azote;

6° Le côté financier du procédé Whitthread serait à examiner par un ingénieur qui baserait ses calculs sur une étude de l'établissement de MM. Prange et Busch et sur plusieurs essais à faire à l'aide du sewage de Bruxelles à différentes époques de l'année, en opérant sur des quantités de 20 à 25 mètres cubes au moins;

7° Le sewage épuré doit être utilisé par irrigation. La précipitation presque complète par le procédé Whitthread de la matière organique en suspension rendra le sewage épuré plus apte à l'irrigation que le sewage naturel;

8° Une société qui voudrait s'occuper de l'épuration du sewage par le procédé Whitthread devrait, à la fois, entreprendre l'utilisation du sewage épuré par irrigation; car nous doutons que la précipitation seule permette de réaliser des bénéfices.

II

COMPOSITION MOYENNE

DU

SEWAGE DE BRUXELLES.

Depuis la publication du travail précédent sur la précipitation des eaux d'égout par le procédé Whitthread, nous avons eu l'occasion d'exécuter encore deux analyses complètes du sewage de Bruxelles. Notre collègue, M. le professeur Chevron, a établi, de son côté, la composition de ce déchet de la grande cité et a eu l'obligeance de nous communiquer les chiffres obtenus par lui. Nous sommes donc en possession de quatre analyses complètes, faites à des époques très différentes, mais d'après la même méthode analytique. Elles nous permettent, en attendant l'exécution très désirable d'un plus grand nombre d'analyses, d'établir la composition moyenne du sewage de Bruxelles. La publication de cette composition nous paraît d'autant plus utile, que la question de l'épuration ou de l'emploi à l'irrigation du sewage de Bruxelles n'est pas plus avancée qu'il y a dix ans. Aucun des nombreux projets qui ont vu le jour, et qui proposent d'épurer le sewage sur place, ou de l'utiliser dans les environs de Bruxelles, ou bien de le

conduire en Campine, n'a été mis en pratique. De plus, la courageuse initiative de M. Gillekens, de Vilvorde, qui emploie depuis cette année le sewage de Bruxelles à l'irrigation d'un champ d'expérience de plus de 4 hectares et qui a fourni aux plus sceptiques une démonstration *ad oculos* de la richesse du sewage en principes fertilisants, a attiré de nouveau l'attention sur cette question d'une si grande importance.

La moyenne des analyses du tableau de la page suivante nous permet d'établir la valeur agricole de l'hectolitre de sewage en appliquant aux principes fertilisants dont il est le véhicule le prix auquel on peut les acheter sous forme d'engrais commerciaux (1885). Il est bien entendu que ce calcul établit le *maximum* de la valeur, car le kilogramme d'azote, d'acide phosphorique et de potasse vaut nécessairement plus et a un tout autre marché sous forme d'un engrais concentré, transportable et facilement applicable, qu'à l'état de grande dilution, qui nécessite un mode d'utilisation tout spécial.

UN HECTOLITRE RENFERME :

	Grammes.	Fr.		Fr.
En suspension :	2.44 d'azote organique à . .	1.00	le kil.	= 0.0024
	2.10 d'acide phosphorique à.	0.20	»	= 0.0004
En dissolution :	1.33 d'azote organique à . .	1.25	»	= 0.0017
	9.88 d'azote ammoniacal à .	1.50	»	= 0.0148
	2.30 d'acide phosphorique à.	0.55	»	= 0.0013
	10.40 de potasse à	0.42	»	= 0.0044
				Fr. 0.0250

La valeur agricole théorique du mètre cube du sewage de Bruxelles est de 25 *centimes et celle des* 80,000 *mètres cubes de débit journalier de* 20,000 *francs.*

Par conséquent, les déchets de toute nature résultant de la vie de la capitale et qui s'écoulent et se perdent annuellement par le collecteur de Haeren représentent une somme de 7,300,000 *francs.*

ANALYSES

DE B

UN HECTOLIT

DATE DE LA PRISE DES ÉCHANTILLONS.	EN SUSPENSION. GRAMMES.							
	Matières organiques.	Matières minérales.	Total.	Azote organique.	Acide phosphorique.	Matières organiques.	Matières minérales.	Tota
3 juin 1875	26.23	25.65	51.88	—	—	43.92	48.40	92.
7 décembre 1877 . . .	60.73	31.59	92.32	3.55	1.74	51.19	102.35	153.
14 décembre 1877(2) . .	46.85	23.10	69.95	1.70	1.77	50.42	100.58	151.
17 décembre 1877 . . .	82.80	66.46	149.26	2.07	2.79	45.67	100.68	14
Moyenne	54.15	36.70	90.85	2.44	2.10	47.80	88.00	13

(1) Communication de l'Observatoire royal de Bruxelles.
(2) Analyse de M. Chevron.
(3) Du 15 au 16, forte pluie de 16.7mm.

U SEWAGE

ELLES.

RENFERME :

EN DISSOLUTION. GRAMMES.									OBSERVATIONS.
Carbone organique.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	Azote organique.	TOTAL.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chlore.		Hauteur de pluie tombée de midi à midi à partir de la veille du jour de la prise d'échantillon (1).
.77	3.86	0.00	1.38	5.24	0.77	6.83	13.26		0.0mm.
—	12.78	0.00	0.25	13.03	4.82	12.53	25.14		3.9mm.
—	11.54	0.00	1.02	12.56	1.68	10.25	—		1.1mm.
—	11.32	0.00	2.66	13.98	1.94	12.00	25.14		1.3mm (3).
.77	9.88	0.00	1.33	11.20	2.30	10.40	21.18		

En comparant la quantité de pluie tombée avec la composition du sewage, on reconnaît que ce n'est pas, ainsi que l'on serait tenté de le croire, pendant une période de sécheresse que celui-ci est le plus chargé. Au contraire, nous constatons le maximum de concentration (matières en suspension + matières en dissolution) pendant des jours de pluie. La dilution produite par l'eau de pluie est donc plus que compensée par les matières qu'elle entraîne et dissout sur son passage.

	MATIÈRES en suspension et dissolution.	
Temps sec	144.20	grammes par hectolitre.
Temps pluvieux	220.95	—
	245.86	—
Forte pluie	295.61	—

III

COMPOSITION

DES

BOUES DE LA VILLE DE BRUXELLES[1].

La quantité de matières nutritives consistant principalement en *acide phosphorique*, *potasse*, *chaux*, *magnésie* et *azote* qu'on enlève annuellement aux champs et qu'on livre sous forme de viande, de graines, de légumes et de lait à nos grands centres de population est si considérable, qu'il est de l'intérêt de l'agriculture que les villes restituent aux campagnes toutes les substances qui renferment des éléments utiles aux végétaux et susceptibles d'être employées comme engrais.

Indépendamment des excréments des hommes et des animaux, malheureusement encore trop souvent gaspillés, il y a un bon nombre de déchets de ménage, de cuisine, d'atelier, de magasin, les cendres et les balayures de rues, de halles et d'ateliers, qui, sous le nom collectif de *boues de ville*, renferment des matières précieuses pour l'agriculture. L'enlèvement rapide et complet de ces boues, dont l'accumulation et la facile altérabilité peuvent produire l'infection de l'atmosphère, du sol et des puits, s'impose

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 7 (septembre 1878).



donc non seulement au point de vue de l'hygiène publique, mais il possède aussi une importance économique en créant un produit dont l'agriculture peut tirer profit.

Il est certainement difficile de se faire une idée exacte de la composition moyenne de pareils déchets, nécessairement très variables : variables dans les différentes rues d'une ville, variables d'après la richesse et la profession des habitants, variables surtout avec les saisons. Ils renferment pendant l'hiver plus de cendres, tandis que, durant l'été, les déchets de légumes y entrent pour une notable proportion. Le mélange formé par les autres matières que l'on rencontre dans les boues de ville, comme les vidanges de poissons, de volailles, des coquillages divers, les débris de plumes et de cuir, les poils, les cheveux, les matières terreuses, le sable, etc., varie, pour ainsi dire, d'un jour à l'autre.

Cette grande variation dans la nature des boues de ville exige que la prise de l'échantillon à soumettre à l'examen chimique soit faite avec le plus grand soin pour que l'analyse révèle une composition moyenne. Voici la marche que nous avons suivie dans ce but :

On sait que les boues de la ville de Bruxelles sont enlevées tous les jours par les charrettes de la ferme des boues et sont accumulées, hors ville, dans un endroit où elles forment un tas de plusieurs milliers de mètres cubes. De ce tas, nous avons fait enlever à deux époques différentes (juillet et novembre 1873) une couche verticale de 10,000 kilogrammes. Cette quantité a été chaque fois expédiée à Gembloux et répandue en 50 petits tas, d'environ 200 kilogrammes chacun, sur une prairie de l'Institut agricole de l'État; nous avons ensuite prélevé, de tous ces tas, plusieurs échantillons d'environ 1/2 kilogramme chacun. Ces échantillons réunis, portés au laboratoire, y ont été intimement mélangés et passés à travers un tamis. Tout ce qui restait sur le tamis a été broyé autant que possible, les morceaux durs écrasés dans le mortier, les débris organiques

coupés aux ciseaux; on a ensuite renouvelé le tamisage et répété toutes ces opérations jusqu'à ce que la masse fût bien réduite en poudre homogène Ce sont les échantillons ainsi préparés que nous avons analysés et qui nous ont donné la composition suivante :

I. — Juillet 1873.

Eau	41.96	
Matières organiques . . .	228.78	renfermant 3.92 d'azote.
Chaux	31.70	
Magnésie	7.44	
Potasse	3.09	
Soude	3.34	
Oxyde de fer et alumine . .	23.28	
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique .	6.02	
Acide sulfurique	8.15	
Acide carbonique	4.90	
Chlore.	0.53	
Matières insolubles (sable, silice, argile)	640.81	
	1000.00	

II. — Novembre 1873.

Eau	72.58	
Matières organiques . . .	177.35	renfermant 1.68 d'azote.
Chaux.	37.05	
Magnésie	3.92	
Potasse	3.23	
Soude	4.34	
Oxyde de fer et alumine . .	36.59	
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique .	4.41	
Acide sulfurique	7.31	
Acide carbonique	24.50	
Chlore.	0.10	
Matières insolubles (sable, silice, argile)	628.62	
	1000.00	

Ces analyses nous démontrent que les boues de ville sont des matières possédant une certaine valeur agricole qui n'est pas à méconnaître à une époque où le cultivateur recherche toutes les matières fertilisantes, quelle que soit leur origine; toutefois, il est certain que l'effet des boues de ville ne pourra aucunement être mis en comparaison avec celui des engrais concentrés du commerce, qui doivent agir rapidement et rembourser au moins au bout de deux années le capital engagé. Des matières comme les boues de ville, comme les dépôts limoneux des étangs, les curures de rivières et de canaux, etc., doivent être considérées principalement comme des engrais à action médiate, c'est-à-dire comme des matières qui, importées dans la ferme, contribueront peu à peu à remplacer à bon marché une partie des substances nutritives exportées. Considérées sous ce point de vue, ces matières sont, partout où les frais de transport ne sont pas trop considérables, d'une haute utilité et se recommandent particulièrement pour ameublir des terres trop consistantes, ensuite pour l'application directe aux prairies ou pour la préparation des composts. (Voir page 426.) Mélangées, dans ce dernier but, avec tous les déchets disponibles de la cuisine et de la ferme, tels que cendres, os, débris de paille et de foin, balayures de cours, feuillage, etc., arrosées de temps à autre avec du purin, laissées en tas pendant cinq à six mois et recoupées une ou deux fois afin d'éviter la réduction des sulfates et d'oxyder les sulfures qui peuvent se trouver dans les cendres, traitées ainsi, les boues de ville seront transformées en un engrais efficace et peu coûteux.

En effet, il ressort du calcul suivant que la valeur des boues de ville, comme matière première de fabrication des composts, est supérieure à leur prix de vente. Celui-ci étant de 4 francs la tonne rendue à toutes les stations, leur valeur théorique est d'environ 6 fr. 50 c. les 1,000 kilogrammes.

La moyenne des deux analyses citées plus haut nous révèle, en effet, un titre moyen de :

2.80	kilogrammes d'azote organique, à 1 fr. 50 c.[1] = . .	fr. 4.20
5.22	kilogrammes d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique, à 20 centimes = ...	» 1.04
31.6	kilogrammes de potasse anhydre, à 40 centimes = . .	» 1.26
	Valeur théorique de 1,000 kilogrammes de boues . .	fr. 6.50

(1) Actuellement, cet azote ne pourra être compté qu'à 1 franc.
(*Note de la seconde édition.*)

IV

ANALYSES

DE

MATIÈRES UTILISÉES DANS LA PRÉPARATION DES COMPOSTS[1].

La préparation des composts est connue de vieille date. L'utilisation des déchets de la ferme, du ménage, des cendres, des balayures de routes, des immondices de cours, des limons vaseux provenant du curage de fossés, d'étangs, de biefs d'usines, des plantes aquatiques, des mauvaises herbes, etc., a fixé de tout temps[2] l'attention du cultivateur intelligent. Aussi n'avons-nous nullement l'intention d'insister sur l'utilité de toutes ces matières au point de vue de la restitution, pas plus que de donner des conseils sur la préparation des composts. Le but de cette note est tout simplement de porter à la connaissance du cultivateur un certain nombre d'analyses de matériaux aptes à cette préparation, analyses faites à la Station agricole de Gembloux au cours des dernières années. Nous avons réuni ces analyses dans le tableau suivant, en les accompagnant de quelques lignes explicatives.

Nos 1 *à* 6. — La composition des boues de lavoir de

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 26 (février 1882).

(2) Columelle déjà recommande aux Romains de recueillir la plupart de ces matières et de les utiliser à la préparation des composts. (C., livre II, § XV.)

sucreries, telles qu'elles se déposent dans les étangs qui recueillent les eaux ayant servi au lavage des betteraves à sucre, dépend nécessairement de la nature géologique des terrains qui ont porté la betterave, de la proportion plus ou moins forte des déchets de betteraves (racines, feuilles, etc.) que les eaux entraînent et des autres produits qui se déversent dans le même étang (par exemple eaux de lavage de noir). En général, ces boues, séchées à l'air, ont la composition du sol qui a produit les betteraves. Les analyses qui figurent au tableau prouvent que les boues de lavoirs de betteraves ne sont pas aussi riches qu'une opinion très répandue tend à le faire croire.

Rien, dans leur composition, ne s'oppose à leur épandage direct sur le sol arable ou sur la prairie. Fréquemment la distance entre l'étang et les terres où l'on désire les employer rend les frais de transport et de manutention assez élevés. Alors il est préférable d'utiliser ces boues à la préparation des composts, afin de les enrichir en principes fertilisants par l'introduction de matières plus riches (purin, sang, déchets de laine, etc.). Cette opération présentera en même temps l'avantage de rendre les boues de lavoir plus homogènes, par suite des recoupages que toute confection de compost exige. La formation de ces boues se faisant sous l'action de la densité des diverses matières qui les composent, il en résulte que la couche supérieure est plus riche en matières organiques que le fond, constitué surtout par les corps les plus pesants. Une addition de 1/10 de chaux vive hâtera la décomposition des débris organiques.

Nos 7 à 11. — Les *vases d'étang* sont de composition excessivement variable. Leur richesse en éléments utiles varie du simple au quadruple. Il est toujours recommandable de les laisser égoutter et sécher pendant quelque temps à l'air avant de les transporter; on peut ainsi considérablement diminuer la quantité d'eau, comme cela résulte des analyses 8 et 9.

	EAU.	MATIÈRES ORGANIQUES.	AZOTE ORGANIQUE.
	°/°	°/°	°/°
1. Terre de lavoir de betteraves	23.22	—	0.25
2. Terre de lavoir de betteraves	26.56	—	0.14
3. Terre de lavoir de betteraves	1.36	6.81	0.20
4. Terre de lavoir de betteraves	2.54	9.83	0.29
5. Terre de lavoir de betteraves (compostée avec 1/2 d'écumes de défécation)	42.45	12.20	0.59
6. Terre de lavoir de betteraves (compostée avec 1/2 de chaux)	23.12	—	0.16
7. Vase d'un bief de moulin	9.25	3.90	0.15
8. Vase d'étang	2.56	4.54	0.05
9. Vase d'étang	41.14	3.77	0.21
10. Vase d'étang	8.15	7.20	0.13
11. Vase d'étang	8.76	40.47	0.23
12. Boue de lavoir de laine	48.92	13.08	0.58
13. Résidus de papeterie	52.29	13.26	0.26
14. Résidus de papeterie	46.57	8.22	Point.
15. Résidus de papeterie	13.92	38.08	0.70
16. Résidus de papeterie	4.63	4.75	0.47
17. Chaux d'épuration du gaz	21.09	—	0.29
18. Chaux d'épuration du gaz	—	—	0.05
19. Chaux d'épuration du gaz	—	—	0.41

ACIDE PHOSPHORIQUE.	POTASSE.	CHAUX.	OBSERVATIONS.
°/₀	°/₀	°/₀	
0.18	—	—	Égouttée au bord de l'étang.
0.78	—	—	Idem.
0.12	0.35	0.62	Prise près de la décharge, séchée à l'air pendant quelques jours.
0.18	0.39	0.25	Prise au bout du même étang.
1.09	—	—	A l'état frais.
0.11	0.41	—	Égouttée peu de temps et compostée avec 1/2 de chaux éteinte.
0.15	0.48	—	Séchée pendant quelque temps à l'air.
0.14	—	—	Idem.
0.61	0.44	—	A l'état frais.
—	—	—	Séchée pendant quelque temps à l'air.
0.20	0.28	—	Cette boue se dépose dans un étang où se déversent les eaux du lavoir d'une houillère. Elle a été séchée à l'air au bord de l'étang.
0.15	0.39	—	—
0.15	0.96	—	Renfermant 7.12 °/₀ de sable.
Traces.	0.16	16.10	Renfermant 4.70 °/₀ de sable.
1.68	0.34	21.68	Dépôt de l'eau du lavage des chiffons.
0.41	0.49	—	(idem, accolade)
—	—	—	L'azote se trouve à l'état d'ammoniaque.
—	—	—	(idem, accolade)
0.09	—	—	(idem, accolade)

	EAU.	MATIÈRES ORGANIQUES.	AZOTE ORGANIQUE.
	°/o	°/o	°/o
20. Résidus de saunerie	16.32	4.46	—
21. Résidus de savonnerie	39.93	Point.	—
22. Résidus de savonnerie	36.81	Point.	—
23. Résidus de savonnerie	43.27	—	Point.
24. Balayures de moulin	14.76	76.36	1.93
25. Déchets de tabac	35.41	31.12	1.48
26. Marc de raisin	74.93	21.13	0.61
27. Déchets de tannerie	18.98	21.48	0.95
28. Déchets de tannerie	79.23	17.97	1.11
29. Cendres de tannerie	--	—	—
30. Cendres de tannerie	—	—	—
31. Cendres de tannerie	—	—	—
32. Cendres de houille	—	—	—
33. Mélange de cendres de houille et de suie	—	—	0.24
34. Suie	—	—	2.35
35. Suie	—	—	1.85
36. Compost	10.09	44.94	1.03
37. Compost	16.48	23.33	1.88
38. Matières fécales compostées	22.16	31.35	1.48

…PHOSPHORIQUE.	POTASSE.	CHAUX.	OBSERVATIONS.
%	%	%	
…races.	Traces.	12.40	39.44 % de sable — 0.94 % de chlorure de sodium. La chaux se trouve à l'état de carbonate.
…0.17	Traces.	29.50	La chaux est à l'état de carbonate; renferme un peu de carbonate et de chlorure de sodium et de potassium.
…0.54	1.22	—	Idem.
…races.	0.81	31.00	Idem.
…0.94	0.61	—	Renfermant 6.33 % de sable.
…0.39	3.11	—	Une partie de l'azote se trouve à l'état ammoniacal et nitrique.
…0.11	0.45	0.45	Résidu de la fabrication du vin à l'aide de raisins secs.
…0.24	—	—	Renfermant 23.18 % de sable. Une faible quantité (0.09 %) de l'azote organique est déjà transformée en ammoniaque.
…0.10	—	—	A l'état frais. Matières minérales : 2.80 p. c.
…0.74	1.17	36.00	32.30 % de sable et de silice.
…1.19	1.46	—	—
…2.23	—	49.90	—
…0.99	1.28	—	—
…0.90	0.49	—	L'azote est à l'état ammoniacal.
…0.75	—	3.95	Idem.
—	—	—	Idem.
…1.55	5.08	—	Plus de la moitié de l'azote (0.66 %) s'est déjà transformée en ammoniaque.
…0.19	1.77	—	—
…3.92	—	—	Traces d'azote à l'état ammoniacal.

Les vases d'étang renferment souvent du fer au minimum d'oxydation ou des sulfures provenant de la réduction des sulfates par les matières organiques se décomposant à l'abri de l'oxygène, ou de la présence de pyrite, comme, par exemple, le n° 11. Les sels de fer au minimum et les sulfures étant des corps nuisibles à la végétation, il convient de répandre la vase un ou deux mois avant les semailles, si on l'emploie sur terres labourables, ou avant l'hiver si elle est destinée aux prairies. Il est, dans tous les cas, préférable de la composter, afin de l'enrichir et de produire par le recoupage du tas une oxydation du fer et une transformation des sulfures en sulfates.

N° 12. — Les ***boues*** qui se déposent dans les bassins que traversent les eaux ayant servi à ***laver la laine brute*** renferment toujours des fibres de laine entraînées par le courant. Il n'est donc pas étonnant que leur titre en azote atteigne parfois la richesse du fumier de ferme en cet élément, avec cette différence, bien entendu, que l'azote du fumier est, pour la plus grande partie, sous une forme plus active.

N°s 13 *à* 16. — Les ***résidus de papeterie*** sont de deux sortes : le dépôt se formant lors de la décomposition des carbonates alcalins par la chaux pour la préparation d'une lessive de soude ou de potasse (nos 13 et 14), et le dépôt se séparant des eaux ayant servi au lavage des chiffons (nos 15 et 16). Le dernier produit est de beaucoup préférable au premier, qui non seulement est excessivement pauvre en principes utiles, mais conserve toujours une réaction fortement alcaline.

L'analyse n° 13 démontre qu'il est indispensable pour le cultivateur, avant d'acquérir de pareilles matières, de s'assurer, par leur analyse et par un calcul du prix de revient, si l'opération qu'il se propose de faire n'est pas d'un avantage apparent. Le produit analysé sous le n° 13, par exemple, a été offert à un fermier au prix de 3 francs les

100 kilogrammes à l'état frais, pris à la papeterie distante de la ferme de 3 kilomètres. Son acquisition, que notre analyse a empêchée, aurait été une opération absolument irrationnelle. Le produit représente, en effet, une valeur théorique de 80 centimes tout au plus, contre un prix de 3 francs, auquel on doit ajouter les frais de chargement, de déchargement, de transport et d'épandage, frais à faire pour l'utilisation d'un produit renfermant, par chariot de 5,000 kilogrammes, 2,600 kilogrammes d'eau et 356 kilogrammes de sable.

L'emploi agricole des résidus de l'industrie, tout en étant très désirable au point de vue des principes de la restitution, ne doit se faire qu'après un examen sérieux du côté financier de l'opération, au moins dans les cas où il s'agit d'acquérir ces matières. Il en est naturellement tout autrement lorsque le producteur de pareilles matières doit s'en débarrasser pour éviter l'encombrement ou pour des raisons de propreté et d'hygiène.

Nos 17 à 19. — La chaux ayant servi à l'épuration du gaz constitue un mélange humide et complexe de carbonate, sulfate, sulfite et hyposulfite de chaux, de soufre, de sulfure de calcium et de fer, de sulfate de fer au minimum d'oxydation, de matières goudronneuses et de faibles proportions de carbonate, de sulfate, de sulfhydrate et de sulfocyanure d'ammonium. Eu égard à quelques dixièmes pour cent d'azote ammoniacal et à une certaine proportion de sulfate de chaux, ce résidu industriel peut être utilisé comme engrais. Mais son emploi exige beaucoup de prudence. Les sulfures et les sulfocyanures sont très nuisibles aux végétaux. Ces corps doivent être modifiés par l'intervention de l'oxygène de l'air avant que la chaux ne soit mise en contact avec les plantes ou avec les semences. Il faut donc employer la chaux d'épuration du gaz avant l'hiver sur des terres à emblaver au printemps, ou mieux l'introduire dans les composts à recouper de temps à autre.

Peu à peu les sulfites et les sulfures de fer et de calcium se transformeront en sulfate de fer et en sulfate de chaux. Le sulfate de fer donnera avec le carbonate de chaux du sulfate de chaux et de l'oxyde de fer; les diverses combinaisons de l'ammoniaque s'oxyderont en sulfate et carbonate d'ammoniaque; ce dernier passera à l'état de sulfate d'ammoniaque sous l'influence du sulfate de chaux et du sulfate de fer. Le résidu final du travail chimique qui se fait dans un tas de chaux d'épuration du gaz est un mélange de carbonate de chaux, de sulfate de chaux, d'oxyde de fer et de sulfate d'ammoniaque.

Le titre en azote ammonical de ce résidu est excessivement variable, selon la durée de son emploi à l'épuration du gaz et suivant qu'il a été régénéré une ou plusieurs fois; dans tous les cas, il est si faible que la valeur intrinsèque du produit dépasse rarement les frais que son transport et sa manutention exigent.

Il y a donc lieu d'appliquer à la chaux d'épuration du gaz ce que nous avons dit concernant les résidus de papeterie.

N° 20. — Le *résidu de l'épuration du sel de cuisine* que nous avons analysé est presque sans valeur agricole. Il ne peut être question de l'utiliser que dans la proximité immédiate du lieu de sa production; il introduira dans le tas de compost auquel on pourra l'incorporer du carbonate de chaux et une faible proportion de chlorure de sodium.

N° 24. — Les *balayures de moulin,* composées de déchets de farine, de graines, de débris de paille, de sable, de terre, etc., sont riches en azote. La présence de graines de mauvaises herbes s'oppose à leur emploi direct comme engrais; il convient de les composter avec la terre et de tenir le tas légèrement humide afin de provoquer la germination des graines. En y ajoutant ensuite de la chaux, on hâtera la transformation de l'azote organique en ammoniaque et finalement en acide nitrique.

N° 25. — Les *déchets de tabac*, tels qu'ils s'accumulent chez les fabricants de cigares et de tabac à priser, constituent un engrais précieux, la plante de tabac étant une des plus épuisantes. Lorsque ces déchets sont finement divisés et en fermentation, on peut les employer directement sur prairies et terres labourables. Dans le premier cas, il convient de les répandre quelques semaines avant d'y conduire le bétail. Si ces déchets sont très frais et laissent à désirer sous le rapport de la division mécanique, il est préférable de les composter; ils améliorent notablement les composts terreux.

N° 26. — Le *marc de raisin*, résidu de la fabrication du vin à l'aide du raisin sec, convient très bien à la préparation des composts. Sa valeur théorique est de 1 fr. 20 c. environ les 100 kilogrammes. Ces marcs peuvent être employés comme nourriture des animaux, à condition que la matière soit plus propre que l'échantillon examiné, qui renferme des débris de branches, de grappes, des cailloux, etc.

N°s 27 et 28. — Les *déchets de tannerie* se composent d'un mélange de déchets de peau, de poils, de chaux, de sable, etc. Ils forment un résidu précieux, convenant bien pour être mélangé aux composts terreux renfermant de la chaux.

N° 34. — Offert à 4 fr. 50 c. les 100 kilogrammes. — Le produit renferme 47.97 p. c. de silice et de sable, 7.07 p. c. d'oxyde de fer et alumine, et il donne 46.92 p. c. de perte par la calcination. Malgré la forte dose de cendres mélangées à la suie, ce prix n'est pas trop élevé, car les 2.35 p. c. d'azote que la suie renferme s'y trouvent entièrement à l'état de sels ammoniacaux, qui se forment pendant la combustion et qui sont absorbés par le charbon qui, à l'état de fine division, jouit à un haut degré de la propriété d'absorber les gaz.

N°s 36, 37 et 38. — Nous citons, pour terminer, trois

exemples d'analyse de compost. L'un (nº 36) a été préparé avec de la terre, de la chaux, des déchets de laine, des cendres de bois et des sels de potasse; l'autre (nº 37) avec de vieux sacs de sucrerie, des débris de paille, de la terre, de la chaux; il a été arrosé de purin. L'analyse nº 36 démontre comment, dans un tas de compost bien soigné, la décomposition des matières est accélérée; plus de la moitié de l'azote organique que le compost renfermait primitivement s'est transformée en ammoniaque. Le nº 38 est constitué par un mélange de matières fécales avec de la terre et des balayures.

V

COMPOSITION

DE

DEUX ÉCHANTILLONS DE TOURBE(1).

L'emploi de la tourbe dans la confection des composts, l'utilisation des cendres de tourbe comme matière fertilisante et surtout l'extension de l'usage de la tourbe séchée comme litière nous engagent à publier deux analyses de cette matière.

Le premier échantillon provient des grandes tourbières du domaine de Réthy (Campine).

Le second échantillon provient des environs de Maestricht.

Les deux échantillons ont été séchés à l'air avant d'être soumis à l'analyse.

	I.	II.
Eau, perte à 100° C.	19.02	29.87
Matières organiques	77.09 (*)	55.37 (*)
Chaux	0.25	3.96
Magnésie	Traces.	0.35
Oxyde de fer	0.39	1.11
Potasse	0.07	0.22
Soude	0.23	0.46
Acide sulfurique	0.26	1.33
Acide phosphorique, chlore, sulfure de fer.	Traces.	Traces.
Sable et silice	2.69	7.33
	100.00	100.00
(*) Azote organique	0.99	0.62

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 21 (juin 1880).

VI

COMPOSITION

DE

DEUX FUMIERS DE FERME[1].

Les engrais chimiques jouent actuellement un rôle important en agriculture. Ils sont, en effet, des auxiliaires précieux dans la culture intensive et des moyens indispensables pour prévenir l'épuisement du sol. D'un autre côté, leur emploi permet de faire produire, même à des terres médiocres, leur maximum de rendement; de faire reconquérir leur aptitude productive à des terres épuisées par une culture spoliatrice; d'obtenir des récoltes satisfaisantes dans des terres mises pour la première fois en culture et de venir en aide, par des fumures supplémentaires, aux semis mal levés ou ayant souffert d'un hiver rigoureux ou d'un printemps trop humide.

Ce que nous venons de dire des engrais chimiques prouve évidemment la haute utilité de leur emploi rationnel. Quoi qu'il en soit, nous ne les considérons pas comme *des matières dont l'emploi exclusif pourrait remplacer complètement le fumier de ferme.*

Si le fumier de ferme n'agissait que par la quantité de

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 7 (septembre 1873).

chaux, de *potasse*, d'*acide phosphorique* et d'*azote* qu'il renferme, nous pourrions certainement produire le même effet avec le secours de mélanges artificiels formés de phosphates, de nitrates et de sels de potasse. Mais, outre les matières nutritives indispensables aux végétaux, introduites dans le sol par le fumier de ferme, cet engrais fournit encore aux terres une masse considérable de matières organiques qui, par leur décomposition, produisent des effets multiples : elles forment une source d'acide carbonique et d'ammoniaque; elles jouent un rôle important dans les phénomènes de nitrification qui ont lieu dans le sol; elles deviennent une source de chaleur; elles ont une influence remarquable sur l'assimilation des matières minérales par les plantes; elles augmentent la puissance d'absorption dont jouissent les terres vis-à-vis des matières nutritives à l'état de gaz ou de solution, et enfin elles ameublissent les sols argileux, les rendent plus perméables à l'air, à l'humidité, à la chaleur et aux radicelles, et donnent plus de consistance aux terres légères, sablonneuses ou calcaires.

Les mélanges d'engrais chimiques et de matières organiques, comme les déchets de laine et la tourbe, souvent adoptés en Belgique et en France, ou la sciure de bois, employée en Allemagne, pourraient remplacer, jusqu'à un certain point, le fumier de ferme; mais ces procédés ne sont praticables ou économiques que dans quelques cas exceptionnels. La seule méthode qui, nous semble-t-il, permettrait de remplacer le fumier de ferme serait celle basée sur l'emploi alternatif d'*engrais chimiques* et d'*engrais verts;* ceux-ci, enfouis entre deux cultures, seraient à même de jouer le rôle de la matière organique du fumier.

Choisir un emplacement convenable pour le tas de fumier, éviter avec soin toute dissipation des matières propres à lui être incorporées, assurer par tous les moyens sa bonne conservation, ce sont là des points qui ne perdront jamais de

leur haute importance pour le cultivateur. Aussi M. Boussingault a-t-il pu dire, et nous répétons après lui cette vérité : « On peut, à première vue, lorsqu'on entre dans la cour d'une ferme, juger de l'industrie, du degré d'intelligence d'un cultivateur par les soins qu'il donne à son tas de fumier. »

Les considérations qui précèdent nous engagent à communiquer aux lecteurs le résultat de deux analyses complètes de fumier de ferme, qui ont été faites dernièrement à la Station agricole. Ces analyses ont d'autant plus d'intérêt qu'elles se rapportent à deux échantillons de fumiers parfaitement traités et conservés, de vrais fumiers-types, et que nous avons eu soin de tenir compte de l'état de solubilité sous lequel se trouvent les divers éléments fertilisants, point qui a presque toujours été négligé dans les analyses publiées par divers auteurs.

Le premier échantillon a été pris à la ferme de l'Institut agricole de l'État, le 30 janvier 1873, d'un tas de 100,000 kilogrammes.

Ce tas a été formé pendant les mois d'octobre et de novembre 1872, par l'apport journalier de la production des vacheries, écuries et porcheries.

Pour augmenter la richesse en acide phosphorique et en azote, il est d'usage, à l'Institut, d'incorporer aux fumiers des phosphates d'os et des déchets de laine, que l'on répand de temps à autre sur les tas. Le tas auquel nous avons pris l'échantillon a reçu en tout 1,200 kilogrammes de phosphate (à 24.2 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide) et 2,000 kilogrammes de déchets de laine (à 2.59 p. c. d'azote organique et 0.35 p. c. d'acide phosphorique).

Le tas est resté en fermentation jusqu'au 28 janvier 1873. A l'époque où l'on conduisait le fumier aux champs, nous en avons fait couper une tranche verticale, sur toute la largeur du tas. Cet échantillon, d'environ 200 kilogrammes, a été divisé et mélangé sur place aussi intimement que possible et porté immédiatement au laboratoire.

Le second échantillon provient d'une distillerie de grains établie à Gembloux. Il a été prélevé sur un tas de 70 mètres cubes de fumier de ferme provenant de bœufs qui consommaient des vinasses et des tourteaux de lin.

Composition de 1,000 kilogrammes de fumier de ferme.

	I.	II.
Eau	769.35	759.27
Matières organiques et sels ammoniacaux	167.34(*)	197.36(*)
Chaux	8.17	3.14
Magnésie	0.99	0.12
Potasse	5.67	4.71
Soude	2.11	1.48
Oxyde de fer	1.78	4.34
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau	1.18	2.87
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique	4.88	2.68
Acide sulfurique	2.16	0.69
Chlore	0.84	0.32
Silice soluble	1.51	0.37
Sable	34.02	22.65
	1000.00	1000.00
(*)Azote ammoniacal	2.50	1.38
Azote organique	4.63	5.29
Azote total	7.13	6.67

Calculons à présent la valeur théorique d'une tonne de ces deux fumiers, en comptant les principes fertilisants qu'ils renferment au prix où l'on peut les acheter dans les engrais commerciaux, cours du printemps de 1883.

Fumier de la ferme de l'Institut agricole.

4.63 kilogrammes d'azote organique à	fr. 1.60 =	fr. 7.40
2.50 kilogrammes d'azote ammoniacal à	» 2.50 =	» 6.25
1.18 kilogramme d'acide phosphorique soluble dans l'eau à	» 0.80 =	» 0.94
4.88 kilogrammes d'acide phosphorique insoluble dans l'eau à	» 0.50 =	» 2.44
5.67 kilogrammes de potasse à	» 0.40 =	» 2.27
		Fr. 19.30

Déduisons maintenant de ce prix celui des engrais qu'on a ajoutés. Par tonne de fumier, on a incorporé :

10 kilogrammes de phosphate d'os à 14 francs les 100 kilogrammes	= fr. 1.40
20 kilogrammes de déchets de laine à 3 francs les 100 kilogrammes	= » 0.60
	Fr. 2.00

La valeur théorique du fumier n° I serait donc de 17 fr. 30 c. les 1,000 kilogrammes.

Fumier d'une distillerie de Gembloux.

5.29	kilogrammes	d'azote organique à . .	fr. 1.60 =	fr. 8.46
1.38	»	d'azote ammoniacal à . .	» 2.50 =	» 3.45
2.87	»	d'acide phosphorique soluble dans l'eau à . .	» 0.80 =	» 2.30
2.68	»	d'acide phosphorique insoluble dans l'eau à . .	» 0.50 =	» 1.35
4.71	»	de potasse à	» 0.40 =	» 1.88
				Fr. 17.44

La valeur théorique du fumier n° II serait donc de 17 fr. 44 c. les 1,000 kilogrammes.

Il ressort de ce que nous avons dit plus haut sur les effets multiples du fumier de ferme, que le chiffre par lequel nous avons fixé la valeur théorique des deux fumiers analysés est trop faible. En réalité, la valeur de ces deux fumiers est plus élevée, parce que nous n'avons tenu compte que de l'acide phosphorique, de l'azote et de la potasse, et que nous avons négligé complètement les matières organiques, dont il est impossible de fixer la valeur numérique.

Nous voyons, en outre, que la valeur théorique des deux fumiers est sensiblement la même, quoiqu'ils aient été produits dans des conditions toutes différentes.

Le prix de revient du fumier analysé a été, à la ferme de l'Institut agricole de l'État(1), de 11 fr. 46 c. par 1,000 kilo-

(1) *Bull. de l'Institut agricole de l'État*, 1er vol.

grammes. Ce chiffre a été obtenu en comparant, d'une part, le débit formé par : 1° la valeur capitale des animaux ; 2° les soins ; 3° les frais d'achat et de vente ; 4° les frais de consommation ; 5° les frais divers, comme usure du mobilier, etc. ; d'autre part, le crédit formé par : 1° le prix de vente ou d'inventaire des animaux ; 2° le lait, etc., — le fumier produit formant le solde du compte.

La comparaison du prix de revient du fumier (11 fr. 46 c.) avec sa valeur théorique (17 fr. 45 c.), qui, comme nous l'avons dit plus haut, est encore en dessous de la réalité, démontre enfin que la production d'un fumier bien préparé est une opération de sage exploitation.

VII

LE GUANO DU PÉROU

PREMIÈRE NOTE (1).

Il circule depuis quelque temps, dans la presse agricole et dans le public intéressé, des bruits alarmants sur la question du guano. D'une part, on parle d'un épuisement complet des dépôts connus généralement sous le nom collectif de Guano du Pérou (Guano des îles Chinchas, Ballestas et Guanape); d'autre part, on assure que l'Europe peut compter encore sur un approvisionnement pendant vingt-cinq à trente ans.

La progression incessante du prix de cet engrais témoigne de la rareté du produit, et la qualité inférieure du guano qu'on trouve dans le commerce depuis quelques années fait naître des inquiétudes fondées pour l'avenir. La question du guano est, en vérité, pour l'agriculture européenne, de toute première importance, si l'on considère que la consommation de cet engrais a été, en 1870, d'après le rapport adressé au gouvernement péruvien par M. Torribio Sanz, inspecteur fiscal pour l'Europe :

Belgique	78,000,000	de kilogrammes.
France.	103,000,000	—
Angleterre	186,000,000	—
Allemagne.	86,000,000	—

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 7 (septembre 1873).

Le contrat à long terme conclu récemment entre le gouvernement du Pérou et les consignataires pour l'Europe, d'une part, et, d'autre part, la création des grands établissements d'Anvers, de Hambourg et de Londres, destinés à faire subir au guano brut une préparation convenable, sont, nous semble-t-il, des motifs plus sérieux, pour rassurer le cultivateur sur l'abondance des dépôts, que toutes les publications concernant les fouilles des ingénieurs péruviens qui nous parlent de gisements considérables existant dans certaines îles.

Une question beaucoup plus sérieuse que celle de l'épuisement du guano du Pérou est celle qui se rapporte à la qualité actuelle de ce précieux produit. Les pages suivantes ont surtout pour but d'éclairer le cultivateur à ce sujet.

Depuis l'année 1842, époque des premières importations de guano du Pérou, on peut distinguer, dans l'histoire de cet engrais, deux périodes bien tranchées :

Première période, 1842 à 1866. Période du guano de première qualité. Guano des îles Chinchas.

Seconde période, 1866 à 1873. Période du guano de qualité inférieure. Exploitation des derniers gisements des îles Chinchas. Exploitation des gisements de différentes autres îles.

La composition moyenne du guano du Pérou, pendant la première période, peut être fixée, d'après 94 analyses de guano faites de 1847 à 1865 par différents chimistes de divers pays, à :

Azote organique + ammoniacal	14.39
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique (1)	13.52
Sable et silice	1.76

(1) Les guanos bruts renferment toujours 1 à 2 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau ; les guanos importés depuis 1877 en renferment même quelquefois plus. (Voir page 449.)

Mais, en 1866, M. Stohmann (Prusse), parmi 60 échantillons de guano, en trouva 31 qui contenaient moins de 14 p. c. d'azote. Leur titre variait entre 10.2 et 14 p. c. — M. Heiden (Saxe) rencontra, de son côté, vers cette époque, des guanos qui ne titraient pas plus de 11.5 p. c. d'azote.

Cette diminution ne fut nullement passagère, comme on le crut tout d'abord : elle continua, au contraire, et, en 1868, M. Karmrodt (Prusse rhénane) analysa 44 échantillons de guano, dont 13 avaient moins de 10 p. c. d'azote, 11 en contenaient de 10 à 12 p. c. et 20 seulement de 12 à 14 p. c.

La moyenne de 159 analyses de guano du Pérou faites, de 1871 à 1873, en France (voir *Journal d'Agriculture pratique*, 1873, page 124), n'indique que 10.80 p. c. d'azote organique + ammoniacal et 13.82 p. c. d'acide phosphorique.

Les indications qui précèdent, déduites de plus de 250 analyses, démontrent que *la qualité du guano du Pérou a diminué, quant à son titre en azote, de plus de 3 p. c. et, malgré cela, son prix s'est élevé considérablement.*

Si, au moins, tout le guano fourni au cultivateur avait un titre constant de 10 p. c. d'azote total, 12 p. c. d'acide phosphorique (sans tenir compte de 1.5 p. c. de potasse qu'on néglige ordinairement dans les analyses de guano), il serait cependant encore l'engrais commercial le moins cher qui existe. Mais le commerce du guano présente des inconvénients graves, provenant *des variations qui existent dans la composition de cet engrais,* variations que l'on constate non seulement d'un chargement à un autre, mais encore dans les diverses parties d'un même chargement. En effet, le guano n'est pas une marchandise homogène, par suite de la proportion variable de mottes et de tubercules qui se trouvent mélangés à la partie pulvérulente. Pour démontrer ces grandes variations dans la composition

du guano, nous choisissons, parmi les nombreuses analyses faites au laboratoire de la Station agricole, les suivantes. Nous laissons ici complètement de côté les falsifications auxquelles le guano est exposé, ayant déjà signalé dans les rapports annuels sur les travaux de la Station agricole quelques cas frappants.

			Azote organique + ammoniacal.	Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide.
1.	Envoyé par	M. V. d. B. (mai 1872) .	9.22 p. c.	Non dosé.
2.	—	M. A. (mars 1873) . . .	2.68	11.65 p. c.
3.	—	M. D. (mars 1873) . . .	8.23	11.26
4.	—	M. A. (mars 1873) . .	6.27	10.34
5.	Prélevé chez	M. V. E. (avril 1873) .	9.97	16.92
6.	Envoyé par	M. A. (avril 1873) . . .	13.52	14.02
7.	—	M. A. (avril 1873) . . .	9.81	15.80
8.	—	M. D. (mai 1873) . .	8.77	16.76
9.	—	M. O. et Cie (juin 1873) .	10.55	Non dosé.

Sur dix-sept échantillons prélevés le 3 octobre 1872 sur le guano du navire *Hérald*(1), quatre seulement avaient plus de 11 p. c. d'azote et cinq plus de 12 p. c. d'acide phosphorique. Il y avait bien un échantillon qui titrait 15.58 p. c. d'azote, mais il y en avait aussi un qui n'en renfermait que 4.45 p. c.

Nous croyons que ces exemples suffisent pour démontrer au cultivateur la non-homogénéité du guano du Pérou; ils lui apprendront qu'il est nécessaire, abstraction faite même des fraudes, de se tenir sur ses gardes dans l'achat du guano. Ils font ressortir aussi, mieux que toutes les considérations possibles, l'importance que nous attachons à la transformation du guano brut en produit *homogène et d'un titre constant*, comme se présente le guano traité par l'acide sulfurique (guano dissous) ou le guano moulu.

(1) Barral, *Journal de l'Agriculture*, 1872, page 392.

SECONDE NOTE (1).

Au mois de septembre 1873 (voir ce livre, page 444), nous avions déjà appelé l'attention des cultivateurs sur la baisse du titre en azote du guano du Pérou, laquelle résulte non-seulement de la non-homogénéité du guano brut, mais surtout de la pauvreté des gisements exploités depuis plusieurs années. Les nombreuses analyses que nous avons faites depuis nous ont prouvé que cette baisse s'accentue de plus en plus et nous ont permis de classer le guano importé actuellement en deux catégories : 1° guano se présentant sous une teinte d'un jaune-brun clair, assez sec, dosant 6.5 à 9 p. c. d'azote ; 2° guano d'une teinte plus foncée, moins pulvérulent, dosant 2.5 à 4 p. c. d'azote. Telle est la qualité du guano importé. Dans le commerce cependant, tous les dosages intermédiaires se rencontrent et résultent du mélange des deux qualités signalées. A l'appui de ce que nous avançons, nous choisissons, parmi le grand nombre d'échantillons examinés, les résultats de l'analyse détaillée de deux échantillons de guano que nous avons pris sur la demande des acheteurs, avec tous les soins voulus, dans le wagon même, tel qu'il a été expédié au mois de janvier 1877, par les nouveaux consignataires et portant un chargement de 157 balles de cet engrais.

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 15 (avril 1877).

	Guano marque A.	Guano sans marque.
Eau	14.82	17.08
Matières organiques et sels ammoniacaux.	14.88(*)	34.01(*)
Chaux	8.64	7.42
Oxyde de fer	0.96	1.62
Potasse anhydre soluble dans l'eau	2.37	3.97
Potasse anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique	1.63	1.24
Soude	3.64	1.47
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau	0.81	6.94
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique	17.62	5.08
Acide sulfurique	1.76	4.38
Chlore	2.81	6.77
Insoluble (sable, silice, mica)	30.69	11.55
	100.63	101.53
Oxygène correspondant au chlore	0 63	1.53
	100.00	100.00.
(*) Azote organique + ammoniacal	2.83	8.43 (1)

La composition extraordinaire et complètement différente de celle attribuée jusqu'à présent au guano du Pérou nous a fait douter un instant et nous nous sommes demandé si réellement nous avions à faire à du guano du Pérou, s'il ne s'agissait peut-être pas d'un guano d'une autre origine; mais la recherche microscopique des *diatomées* nous a fait découvrir toutes les espèces caractérisant le guano du Pérou. On sait que ce précieux engrais est formé par les excréments d'oiseaux aquatiques qui peuplent les régions où on le découvre. Ces oiseaux avalent avec les poissons qui leur servent de pâture une grande quantité de sable et d'argile chargés de *diatomées*, végétaux formant la limite du règne végétal et du règne animal et dont les cuirasses siliceuses traversent le tube digestif et se retrouvent dans les excréments. Après avoir incinéré

(1) Les guanos renferment souvent une petite quantité de nitrates, mais le titre en azote nitrique ne dépasse guère 0.3 à 0.4 p. c.

légèrement une centaine de grammes de guano et après avoir épuisé tous les sels solubles par de l'eau acidulée d'acide nitrique, il nous est resté la matière siliceuse qui, examinée avec un bon instrument de Hartnak et sous un grossissement de 600, nous a fait découvrir, en abondance, dans les deux qualités, les diatomées suivantes : ***Melosira marina***, ***Fragilaria pinnata***, ***Pinnularia***, ***Halionyx***, ***Synedra*** et de nombreuses espèces de ***Coscinodiscus***, surtout de très beaux exemplaires de ***C. gigas***, ***C. subtilis***, ***C. radiatus*** et ***C. marginatus***.

Les deux qualités de guano importé actuellement en Belgique se distinguent des guanos des îles Chinchas, Ballestas et Guanape par une diminution de la matière organique, par une augmentation considérable de la partie insoluble dans les acides, par un titre élevé en acide phosphorique immédiatement soluble dans l'eau, lequel, dans l'échantillon II, dépasse 50 p. c. de l'acide phosphorique total, et par un titre élevé en potasse, qui est deux à trois fois plus haut que celui du guano d'autrefois. Si l'augmentation en éléments nutritifs tels que la potasse et l'acide phosphorique constitue un avantage incontestable et montre que les accusations que l'on a formulées contre cet engrais « d'épuiser les terres en matières minérales », ne sont plus fondées actuellement, la diminution continue du titre en azote constitue un fait grave qui intéresse surtout l'agriculture belge, laquelle consomme relativement plus de guano que celle de tout autre pays. Le cultivateur des terrains sablonneux des Flandres et de la Campine surtout, qui tient avec raison au guano et oppose de la résistance à le remplacer par des engrais chimiques, est exposé à de graves mécomptes lorsqu'il ignore que le guano d'aujourd'hui ne possède pas les qualités de celui d'autrefois; que, par exemple, 300 kilogrammes de guano tel qu'il le consommait il y a dix ans produisaient un plus grand effet qu'une quantité double ou triple de guano

qu'on lui livre actuellement. Que le cultivateur ne perde pas de vue la grande variation qui se manifeste aujourd'hui dans la composition du guano; qu'il sache *que, dans* 300 *kilogrammes de guano de qualité inférieure qu'il achète aujourd'hui, il n'aura que* 8 *à* 9 *kilogrammes d'azote, tandis qu'il fournissait à ses cultures, dans* 300 *kilogrammes du guano des îles Chinchas,* 40 *à* 45 *kilogrammes de ce précieux élément.* La nécessité d'analyser le guano que l'on achète s'impose donc plus que jamais, la garantie sur facture d'un titre minimum en azote et en acide phosphorique est de plus en plus indispensable. Les nombreux échantillons de guano qui ont passé par nos mains, les visites de dépôts de cet engrais que nous avons faites et même de navires qui en étaient chargés, nous ont trop bien fait connaître les propriétés physiques du guano brut pour que nous puissions croire à la possilibité de faire la vente de cet engrais dans les mêmes conditions que celle des engrais fabriqués, dont les variations de titre atteignent à peine un demi p. c. C'est aussi pour cette raison que nous avons considéré la transformation du guano brut en guano homogène, à titre constant, tel qu'il est obtenu par le traitement à l'acide sulfurique (guano dissous d'Ohlendorff), comme un progrès important réalisé pendant ces dernières années dans l'industrie des matières fertilisantes. Mais aussi pour le guano brut il y a quelque chose à faire. Nous devons, du reste, rendre cette justice au gouvernement du Pérou et à ses consignataires qu'ils ont, dans une certaine mesure, tenu compte des réclamations de l'agriculture européenne; ils vendent à partir du 1er janvier de cette année les différentes « qualités de guano » non à un prix uniforme, comme cela avait lieu antérieurement, mais à des prix différents, et on parle depuis lors de guano de première, de seconde, etc., qualité. Mais cette désignation ne pourra nullement suffire aux acheteurs, aussi longtemps que l'on ne déclarera pas nettement ce que l'on entend par

première, deuxième qualité, que l'on ne dira pas clairement aux cultivateurs et aux stations agricoles : Nous entendons par guano de telle ou telle qualité un guano qui titre de — p. c. à — p. c. d'azote et de — p. c. à — p. c. d'acide phosphorique. Quoique la vente d'après « la qualité » ne s'opère que depuis quelques mois, les abus auxquels ce mode de vente donne lieu sont des plus nombreux : on achète, par exemple, du guano de qualité inférieure pour le revendre comme guano de première qualité; ou on achète du guano de première qualité que l'on recoupe avec du guano de qualité inférieure. Le chimiste auquel l'acheteur s'adresse pour savoir s'il a bien du guano de telle ou telle qualité ne peut pas répondre, ignorant lui-même ce que l'on doit entendre actuellement par guano de telle ou telle qualité; ou on achète du guano de qualité inférieure auquel on ajoute quelques kilogrammes de sulfate d'ammoniaque pour en augmenter le titre en azote, et on le revend ensuite comme guano de première qualité. Il faut donc préciser l'expression *qualité* dont on se sert actuellement dans la vente pour la désignation du guano, et nous engageons toute personne achetant cet engrais à ne pas négliger ce point important. Si les marchands de guano continuent à s'abstenir de donner des explications satisfaisantes à ce sujet, nous verrons l'emploi du guano brut, qui s'est déjà restreint dans ces dernières années, diminuer de plus en plus; le guano du Pérou ne jouera, à l'avenir, que le rôle de matière première servant à la fabrication du « guano dissous » ou du guano moulu, qui se recommandent aux cultivateurs par une garantie sérieuse en principes fertilisants.

Que l'on nous comprenne bien. En écrivant ces lignes, nous ne voulons nullement déconseiller l'emploi du guano en faveur des engrais chimiques; à titre égal en azote et en acide phosphorique, ceux-ci seront toujours inférieurs au premier, parce qu'il est impossible d'arriver, à l'aide d'une

opération mécanique, à un mélange aussi intime des principes fertilisants que celui qui existe dans le guano. Nous avons simplement voulu éclairer le consommateur de guano sur la *différence énorme qui existe entre l'ancien guano et celui d'aujourd'hui*, et lui montrer les pertes auxquelles il s'expose lorsque la vente du guano n'est pas faite sur une base que l'on est en droit d'exiger dans tout marché loyal, c'est-à-dire la garantie d'un minimum en principes fertilisants. Le cultivateur veut et doit savoir ce qu'il achète.

VIII

ANALYSE

DE

QUELQUES GUANOS PHOSPHATÉS.

	Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.	Phosphate tribasique correspondant.
Malden-Guano (1)	34.94	76.27
Batt-Guano (2)	24.28	52.99
Baker-Guano (3)	34.04	74.30
Browse-Guano (4)	30.94	67.54
Lacepedes-Guano (5)	32.50	70.95

(1) Provenant des îles « Malden », dans l'océan Pacifique.

(2) Poudre fine, très sèche, de couleur chocolat, renfermant 1.28 p. c. d'azote.

(3) Provenant de l'île « Baker », dans l'océan Pacifique, située sous l'équateur.

(4) « Browse-Island », petite île située par 123°30' de longitude et 14°4 de latitude, non loin des côtes de l'Australie.

(5) Les îles « Lacepedes » sont situées par 122°10' de longitude et 16°50' de latitude au nord-ouest de l'Australie. Ce guano renferme 0.48 p. c. d'azote.

IX

LE GUANO DE MEJILLONES[1].

Le guano de Mejillones appartient à la classe des guanos riches en phosphate, mais pauvres en azote, que l'on appelle aussi : *guanos terreux* ou *guanos phosphatés* (voir page précédente) et dont le type principal est le guano des îles *Baker*. Dans cette classe se rangent aussi les guanos découverts dans ces derniers temps aux îles de corail des régions équatoriales du Pacifique, notamment le guano des îles *Howland*, *Malden*, *Enderberry* et *Phœnix*. Il y a une dizaine d'années, on a découvert un grand dépôt de guano sur le plateau d'une langue de terre rocheuse s'avançant dans la mer, entre les États de la Bolivie et du Chili, dans l'Amérique du Sud. Ce guano se présente sous l'aspect de poudre grossière d'une couleur brun-foncé. Il contient fréquemment de petits tubercules blanchâtres, formés en partie de phosphate ammoniaco-magnésien, dont la présence dans le guano Baker a déjà été reconnue par Liebig en 1860. Ce guano renferme quelquefois du plâtre amorphe ou cristallisé. La Station agricole de Gembloux possède dans sa collection deux grands morceaux de sulfate de chaux parfaitement cristallisé, que nous avons retirés du guano de Mejillones.

Ce guano est exporté par la baie de Mejillones, dont il a

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 13 (février 1876).

emprunté le nom, et il est importé surtout en Angleterre et en Allemagne. Ce dernier pays a reçu de ce phosphate :

En 1871	4905 tonnes
1872	20551 —.

A présent la Belgique importe également du Mejillones-guano ; nous en avons reçu, il y a quelque temps, de la part d'un cultivateur, un échantillon qui nous a donné la composition suivante :

Composition du guano de Mejillones.

Eau	11.21
Matières organiques	11.51 (*)
Chaux	35.02
Magnésie	3.40
Oxyde de fer	0.40
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique	32.18
Acide sulfurique	4.09
Traces d'alcalis et de chlore.	0.00
Silice et sable	2.19
	100.00

(*) Azote ammoniacal	0.18
Azote organique.	0.49
Azote total	0.67 p. c.

Guidé par la découverte de nitrates faite par M. Boussingault dans quelques guanos, nous avons recherché l'acide nitrique dans le Mejillones-guano et nous avons pu l'y découvrir, quoique en faible quantité; mais cependant la réaction ne laissait aucun doute.

Il résulte des analyses précitées que le *Mejillones-guano* compte parmi les engrais phosphatés les plus riches; il renferme 32.18 p.c. d'acide phosphorique (1), correspondant

(1) Les premiers chargements arrivés en Allemagne renfermaient, suivant M. Vohl, 36 à 39 p. c. d'acide phosphorique.

à 70.25 p. c. de phosphate de chaux tribasique; mais tout l'acide phosphorique ne s'y trouve pas à l'état de phosphate tribasique: il s'y trouve, en partie, à l'état de phosphate de chaux bibasique et de phosphate de magnésie. Ces combinaisons étant plus solubles que le phosphate tribasique, le guano de Mejillones, même à l'état brut, doit donc céder à l'eau et au citrate d'ammoniaque une certaine partie de son acide phosphorique. Il est probable que cette solubilité est favorisée aussi par la présence d'une matière organique facilement décomposable, de sels ammoniacaux et de nitrates que ce guano renferme. Les expériences que nous avons entreprises pour étudier la solubilité des phosphates du Mejillones-guano nous montrent, en effet, que 1 kilogramme de guano de Mejillones cède à l'eau : après un contact de 24 heures, 1.536 gramme d'acide phosphorique; après un contact de 48 heures, 1.664 gramme, et après un contact de 14 jours, 1.956 gramme.

La solubilité dans le citrate d'ammoniaque est encore plus grande, car celui-ci, employé dans les conditions ordinaires où l'on s'en sert dans l'analyse des superphosphates, dissout 1.01 p. c. d'acide phosphorique du guano de Mejillones.

Cette solubilité des phosphates, favorisée certainement par les agents du sol et l'état pulvérulent du produit, permet l'emploi direct du Mejillones-guano comme engrais; il est avantageux de lui associer, dans ce cas, du sulfate d'ammoniaque, des nitrates ou d'autres engrais azotés. Mais le Mejillones-guano se recommande tout particulièrement comme matière première pour la fabrication des superphosphates; c'est ainsi que nous en avons analysé des échantillons de toute première qualité; ils se présentaient à l'état de poudre sèche, homogène et titraient 19 à 21 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.

X

LE GUANO D'AFRIQUE[1].

Depuis quelque temps, on importe en Belgique une nouvelle matière fertilisante, qui mérite, à un haut degré, l'attention des cultivateurs : le *guano d'Afrique*.

Les résultats remarquables obtenus par l'emploi du guano du Pérou étaient un sérieux stimulant pour se livrer à des recherches de nouveaux gisements de cette précieuse matière. Ces recherches devenaient de plus en plus suivies à partir du moment où l'on constatait une diminution continuelle du titre en azote et où il n'existait plus de doute sur l'épuisement du guano du Pérou riche en cet élément. Si ces recherches ont été couronnées du plus éclatant succès en ce qui concerne la découverte de nombreux et puissants gisements de guanos phosphatés (riches en phosphate et pauvres en azote), tels que guanos Baker, Jarvis, Mejillones, Curaçao, Howland, Malden, Starbuk, Phœnix, Browse, Batt, Lacépède, il n'en a pas été de même pour les guanos azotés (riches en azote et pauvres en phosphate). A part quelques faibles gisements de guanos très hétérogènes, de composition excessivement variable et ne titrant que 2 à 3 p. c. d'azote, situés sur les côtes du Mexique, en Australie (baie de Sharks), en Patagonie

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 21 (juin 1880).

(détroit de Magellan)[1] et en Afrique méridionale (baie de Saldanha[2] et d'Algoa), aucune découverte importante n'est venue faire concurrence au guano du Pérou. C'était donc pour nous une agréable surprise de recevoir, il y a quelque temps, un échantillon d'un nouveau guano d'Afrique provenant des îles Halifax, Pamona, Possession et Ichaboë[3], qui, quant au titre en azote, dépasse de beaucoup les guanos du Pérou actuellement importés et arrive jusqu'au titre du meilleur guano (Chinchas) que l'Europe ait jamais reçu.

Les gisements prénommés sont assez considérables pour donner lieu à une importation règulière[4]. Nous croyons donc faire chose utile en publiant une analyse complète, qui a été exécutée à la Station agricole.

Le guano d'Afrique se présente sous forme d'une poudre fine, de couleur brun-clair, d'une odeur faiblement ammoniacale. La partie pulvérulente est entremêlée de plumes et de morceaux cristallins s'écrasant facilement sous la pression du doigt.

---

(1) Voir page 461.

(2) En 1870, on a importé en Allemagne quelques chargements de guano de Saldanha titrant jusqu'à 8.5 p. c. d'azote.

(3) D'après M. Girardin, on a déjà importé en 1841 du guano d'Ichaboë titrant d'après M. Way 6 p. c., d'après M. Nesbit 4 p. c. d'azote. Ces gisements furent rapidement épuisés. L'analyse du guano importé actuellement prouve qu'il s'agit d'une toute autre matière.

(4) Les premières nouvelles arrivées en Europe sur l'importance de ces gisements étaient certainement surfaites, car le guano d'Afrique n'est pas devenu l'objet d'un commerce important.

(*Note de la seconde édition.*)

Composition du guano d'Afrique.

Eau	21.66
Matières organiques et sels ammoniacaux. . .	44.89 (*)
Chaux	8.18
Magnésie	0.60
Oxyde de fer	0.14
Potasse	2.00
Soude	4.25
Acide sulfurique	0.43
Acide phosphorique soluble dans l'eau . . .	2.85
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique	5.95
Chlore	1.76
Sable et silice	7.69
	100.40
Oxygène équivalant au chlore	0.40
	100.00

(*) Azote ammoniacal	4 57
Azote organique	9.20
Azote total.	13.77 p c.

Il résulte de cette analyse que le guano d'Afrique récemment importé est, sous le rapport de l'azote, le guano le plus riche que l'on rencontre maintenant dans le commerce. La comparaison entre le titre en azote ammoniacal et le titre en azote organique prouve que le guano est de formation récente, comme la présence des plumes qu'il contient le faisait, du reste, déjà supposer. On nous communique d'ailleurs que ce guano est enlevé tous les ans après que les oiseaux ont niché.

La faible quantité d'acide sulfurique constatée dans le guano est une preuve que l'on n'y a pas mélangé du sulfate d'ammoniaque dans le but d'en élever le titre naturel en azote.

En ce qui concerne l'acide phosphorique, le guano d'Afrique est moins riche que celui du Pérou. Il s'y trouve en partie comme phosphate de chaux tribasique, en partie comme phosphate de potasse, de soude et d'ammoniaque.

Nous y avons constaté, en effet, près de 3 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau; la quantité de chaux n'est d'ailleurs pas assez forte pour former avec tout l'acide phosphorique du phosphate tribasique.

Le titre de 2 p. c. de potasse mérite également d'être signalé.

Les cendres sont absolument blanches; la partie insoluble dans l'acide se compose de quelques fragments de cailloux siliceux, de paillettes de mica et de nombreux débris de carapaces de diatomées.

Nous sommes d'avis que le guano d'Afrique doit être employé tel quel; 33 p. c. de l'acide phosphorique total étant immédiatement solubles dans l'eau, 67 p. c. de l'azote total se trouvant à l'état organique et seulement une très faible partie de l'azote ammoniacal sous forme de combinaisons volatiles à la température ordinaire, nous pensons qu'il n'y a aucune raison de le traiter par l'acide sulfurique. Un tamisage même ne nous semble nullement nécessaire; cette opération ne serait à conseiller aux importateurs que pour le cas où les nouveaux arrivages seraient plus riches en plumes, lesquelles pourraient obstruer les tuyaux des distributeurs à engrais.

Le rapport entre l'azote et l'acide phosphorique étant de 13.77 à 8.80 p. c., nous recommandons aux cultivateurs qui voudraient essayer le guano d'Afrique pour céréales de lui associer, afin de prévenir la verse, respectivement 1/3 ou 1/4 de son poids de superphosphate de chaux ou de phosphate précipité.

XI

LE GUANO DE PATAGONIE.

Le guano de Patagonie, tel qu'il a été importé en Belgique en 1879, forme un mélange peu homogène d'excréments d'oiseaux, de plumes, de racines, de cailloux siliceux, de terre, d'une couleur brun-grisâtre et d'une odeur nettement ammoniacale.

Composition du guano de Patagonie.

Eau	14.17
Matières organiques et sels ammoniacaux	15.60(*)
Chaux	27.80
Oxyde de fer et alumine	0.90
Potasse	0.79
Soude	1.42
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique	14.96
Acide sulfurique	2.12
Acide carbonique	9.56
Chlore	0.47
Sable et silice	12.21
	100.00

(*) Azote ammoniacal	0.96
Azote organique	1.34
Azote total	2.30 p. c.

XII

ANALYSE DU NATIVE-GUANO[1].

Le « Native-guano » est le produit obtenu en Angleterre par la précipitation du sewage d'après la méthode dite « A-B-C-process ».

Composition du Native-guano.

Eau	11.37
Matières organiques	17.65(*)
Chaux	3.57
Magnésie	0 32
Potasse	1.66
Soude	2.35
Oxyde de fer et alumine	7.98
Acide sulfurique	2.55
Acide phosphorique	1.40
Chlore	1.84
Sable, argile, insolubles dans les acides	49.31
	100.00

(*) Azote organique . . 0.82

Si nous calculons la valeur théorique de cet engrais en comptant les principes nutritifs qu'il renferme au prix auquel on peut les acheter dans d'autres engrais, nous trouvons qu'il vaut, d'après l'analyse qui précède, environ 3 fr. 50 c. et on l'offre à 20 francs les 100 kilogrammes. L'agriculture belge aurait donc tort d'importer d'Angleterre ce produit si pauvre en principes fertilisants et de payer dans 1000 kilogrammes les frais de transport de 600 kilogrammes de sable, d'argile et d'eau.

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 7 (septembre 1873).

XIII

GUANO DE POISSONS

DES ILES POLAIRES ET LOFODEN (1).

Les richesses immenses de la mer, qui ont déjà donné naissance à tant d'industries, sont également exploitées au profit de l'agriculture. Déjà depuis une vingtaine d'années, on a commencé à recueillir des déchets de poissons et les petits poissons impropres à la consommation.

Après une dessiccation complète, la masse obtenue était réduite en poudre et cette poudre, ainsi préparée, livrée au commerce. Ces engrais eurent cependant peu de succès, malgré leur titre élevé en azote et en acide phosphorique; leur effet était très lent et l'on n'en obtenait pas les résultats qu'on était en droit d'en attendre. Les matières grasses et gélatineuses dont le corps du poisson est si riche et que l'on n'avait pas eu soin de séparer s'opposaient à l'influence dissolvante de l'humidité, de l'acide carbonique et des acides organiques du sol. Mais, depuis plusieurs années, la fabrication des engrais au moyen de poissons a fait de grands progrès; le dégraissage et le dégélatinage se faisant maintenant par des procédés fort simples, la qualité des produits s'est considérablement améliorée. Aussi voyons-

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux* n° 15 (avril 1877).



nous que cette industrie a pris une grande extension dans les pays du Nord. C'est ainsi que l'exportation du guano de poissons de Norwège a monté de 64,000 kilogrammes, en 1860, à 5,000,000 de kilogrammes pour l'année 1877 (1).

Le guano de poissons des îles Polaires et de Lofoden, dont nous publions ici l'analyse, se présente sous forme de poudre jaunâtre, assez fine, très sèche, douée de l'odeur caractéristique du poisson sec. Sa composition est la suivante :

Composition du guano de poissons.

Eau	10.74
Matières organiques	54.30 (*)
Matières minérales	34.96 (**)
	100 00

(*) Azote organique 7.89
(**) Acide phosphorique soluble dans l'acide . 14.80

L'azote se trouvant à l'état organique, l'acide phosphorique à l'état non immédiatement assimilable, cet engrais ne fera pas sentir rapidement son effet, mais il est à présumer, d'après l'analyse, qu'il convient particulièrement pour les céréales d'hiver, notamment dans les terres sablonneuses, et pour les prairies. Dans ce dernier cas, on doit faire des essais pour voir s'il ne convient pas de le compléter par des sels de potasse.

---

(1) *Les matières fertilisantes à l'Exposition de Paris ;* Bruxelles, page 33.

XIV

POULINE

DE

L'ÉTABLISSEMENT DE HAL POUR L'ENGRAISSEMENT DES POULETS[1]

Il existe près de Hal[2], dans la propriété de M. H. Willems, ingénieur, un établissement où l'on s'occupe sur une vaste échelle de l'engraissement des poulets, dit « engraissement à la mécanique ». L'installation et la marche de cet établissement ayant été décrites avec tous les détails désirables par M. Gérard, professeur à l'École de médecine vétérinaire de Cureghem (*Annales de Méd. vét.*, 1877, page 370), nous n'avons à nous occuper ni de la description de la volière, logeant près de 700 poulets, ni de l'appareil servant à l'engraissement mécanique, appelé « gaveuse de M. Martin » ; nous voulons seulement compléter l'intéressant rapport de M. Gérard par l'analyse de la « pouline » produite dans cet établissement.

La ration très intensive d'engraissement — elle se compose de farines d'orge, de maïs et de sarrasin blutées et délayées dans du lait écrémé — et les soins spéciaux donnés pour recueillir les excréments sont nécessairement

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 18 (janvier 1879).

(2) Depuis la première publication de cette note, cet établissement a été transféré à Jette-Saint-Pierre, près Bruxelles.

d'une influence favorable sur la quantité et surtout sur la qualité de l'engrais obtenu. Les loges dans lesquelles se trouvent les poulets sont disposées de telle sorte que les excréments tombent, sans pouvoir s'attacher aux plumes, directement à terre sur une couche de sable, qui en absorbe les parties liquides. A chaque nettoyage, les excréments sont saupoudrés de plâtre (10 p. c.), afin d'éviter les pertes d'ammoniaque, et le tout est intimement mélangé. De cette opération résulte un engrais homogène et inodore, se présentant sous forme de poudre grisâtre, sèche et pulvérulente, pouvant facilement être répandue à la volée ou à l'aide de machines.

Composition de la pouline.

Eau	11.76
Matières organiques et sels ammoniacaux	25.49(*)
Matières minérales solubles dans l'acide chlorhydrique	34.54(**)
Matières minérales insolubles dans l'acide (sable, silice)	28.21
	100.00

(*) Azote ammoniacal	0.27
Azote organique	1.22
Azote total	1.49
(**) Potasse anhydre soluble dans l'eau	1.24
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique	1.36

XV

RÉSIDUS

DE VIANDE DE FRAY-BENTOS[1].

Tout le monde connaît l'extrait de viande de Liebig, dont l'usage est actuellement si répandu. On l'obtient en faisant digérer dans de l'eau chauffée à 60°C. de la viande parfaitement dépouillée d'os et finement hachée, et en évaporant le bouillon jusqu'à ce qu'il ait acquis une consistance sirupeuse. Le résidu de cet extrait n'avait été, jusqu'ici, qu'imparfaitement utilisé. On le brûlait ou on le jetait à la rivière. Maintenant on le fait sécher et réduire en poudre et on l'emploie avec avantage à l'engraissement du porc. Une autre partie de ce résidu est mélangée aux os et aux issues des animaux qui ont servi à la fabrication de l'extrait de viande. C'est le mélange de ces matières, séché et réduit en poudre, qu'on offre aux cultivateurs sous le nom de résidu de viande de Fray-Bentos (Amérique du Sud).

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 8 (février 1874).

Composition des résidus de viande de Fray-Bentos.

Eau	9.46
Matières organiques	46.54 (*)
Chaux	20.60
Potasse	0.47
Soude	0.60
Oxyde de fer	0.70
Acide sulfurique	0.17
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique.	16.88
Magnésie et chlore (non dosé)	1.55
Sable.	3.03
	100.00

(*) Azote organique. . . . 5.36 p.c.

XVI

ENGRAIS

ANIMAL DISSOUS DE FRAY-BENTOS[1].

A la page précédente, nous avons publié l'analyse d'un échantillon d'engrais préparé à l'aide des résidus de la fabrication de l'extrait de viande de Liebig. Dans le but de rendre l'acide phosphorique de cet engrais immédiatement soluble dans l'eau, on le traite maintenant, à Anvers, par l'acide sulfurique. Le produit obtenu se vend sous le nom « d'engrais animal dissous de Fray-Bentos ». Deux échantillons de cette matière fertilisante ont été analysés à la Station agricole, le promier au mois de juin, le second au mois de septembre 1874.

Composition de l'engrais animal dissous de Fray-Bentos.

	I.	II.
Eau	7.78	10.30
Matières organiques	53.81 (*)	45.64 (*)
Acide phosphorique soluble dans l'eau	11.86	11.49
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique	1.01	2.33
Potasse	0.78	1.78
Chaux, soude, acide sulfurique, magnésie, chlore (non dosés)	24.76	28.46
	100.00	100.00
(*) Azote organique	3.55	2.92
Azote ammoniacal	0.54	0.63
Azote total	4.09	3 55

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 10 (décembre 1874).

XVII

LES DÉCHETS DE COTON[1].

Les déchets de laine, résidu des différentes manipulations auxquelles on soumet la laine brute, sont, en Belgique, après le guano, le plus employé de tous les engrais azotés d'origine animale. En 1874 déjà, nous avons publié une étude complète sur cet important résidu industriel[2]. D'après un millier d'analyses exécutées à la Station agricole de Gembloux, il résulte que le titre en azote des déchets de laine, élément dont dépend leur valeur agricole, varie de 2 à 7 p. c. et que leur richesse moyenne peut être fixée à 3.8 p. c. d'azote.

L'extension de plus en plus grande de l'emploi des déchets de laine a donné l'idée à quelques marchands d'engrais de leur substituer les déchets de coton. Ignorant ou feignant d'ignorer que la laine est une matière animale très riche en azote, tandis que le coton, produit végétal, n'en renferme qu'une petite proportion, ils offrent les déchets de coton pour remplacer les déchets de laine ou ils essaient même de les faire passer pour tels.

Nous nous empressons de mettre les cultivateurs sur leurs gardes. A l'inspection rapide, les déchets de coton (mélange de débris de la graine du cotonnier et de sa capsule, de sable, de poussière et de fibres de coton) ressemblent assez aux déchets de laine, mais examinés avec attention, on les trouve plus secs et moins gras, plus

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. expér. de l'État à Gembloux*, n° 29 (janvier 1875).

(2) Voir ce volume, page 131.

riches en sable et terre et exempts des graines (*Medicago maculata* et *ciliaris* et *Carduus tenuiflorus*) qui caractérisent les déchets de laine. L'examen au microscope montre naturellement les différences considérables qui existent entre la fibre de coton et celle de laine; mais l'analyse chimique seule, c'est-à-dire le dosage de l'azote, peut renseigner sur la valeur agricole du produit. C'est donc un nouvel exemple, s'il en faut encore, qui prouve l'impérieuse nécessité de l'achat sur analyse des matières fertilisantes.

Voici l'analyse de deux échantillons de déchets de coton : le n° I renferme comme fibres seulement du coton ; le n° II est un mélange de beaucoup de déchets de coton avec un peu de déchets de laine.

	I.	II.
Eau	9.02	10.20
Matières organiques	65.25(*)	71.05(*)
Matières minérales solubles dans l'acide chlorhydrique	7.32(**)	10.71(**)
Matières minérales insolubles dans l'acide chlorhydrique (sable, silice).	18.41	8.04
	100.00	100.00
(*) Azote organique	1.01 p. c.	1.46 p. c.
(**) Acide phosphorique . . .	0.42 »	0.50 »

Les déchets de coton sont, par conséquent, bien loin d'avoir la même valeur que ceux de laine. Néanmoins, achetés sur analyse, et tout au plus de 80 à 90 centimes le kilogramme d'azote, ils peuvent être employés avec avantage sur prairies, à la préparation de composts, comme litière, à l'absorption du purin, etc., dans tous les cas où les frais de transport ne sont pas trop onéreux; car il ne faut pas perdre de vue que cette matière fertilisante est pauvre en principes utiles, mais riche en matières inertes. C'est ainsi que, dans l'acquisition de 10,000 kilogrammes du produit n° I, on paierait les frais de transport, d'emballage, de manutention et d'épandage de 1841 kilogrammes de sable.

XVIII

PRÉCAUTIONS A PRENDRE

DANS

L'ACHAT DU SULFATE D'AMMONIAQUE[1].

Nous engageons de nouveau les cultivateurs soucieux de leurs intérêts à être bien sur leurs gardes lorsqu'ils se disposent à conclure un marché. Qu'ils demandent à toute personne qui leur offre des engrais une *garantie écrite* du titre en principes fertilisants et qu'ils ne manquent pas de faire analyser un échantillon de la marchandise fournie. Une tentative de fraude vraiment inouïe, relevée par la Station agricole, démontre à quels dangers l'acheteur s'expose lorsqu'il néglige ces précautions élémentaires.

Un cultivateur-industriel de Péruwelz nous a adressé un échantillon de *sulfate d'ammoniaque*, avec prière d'en fixer le titre en azote. Il ne portait aucune autre indication que la marque n° 2; il se présentait, en réalité, sous l'aspect de sulfate d'ammoniaque noir, à petits cristaux et humide. Sa réaction fortement acide nous décida à en faire un examen plus approfondi avant de passer au dosage de l'azote. Quelle ne fut pas notre surprise lorsque nous

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 13 (février 1876).



constatâmes que le prétendu sulfate d'ammoniaque était tout bonnement du *protosulfate de fer* (vitriol vert) moulu, ne renfermant que 0.30 *p. c. d'azote!*

Nous croyions d'abord qu'il s'agissait d'une erreur : il nous répugnait d'admettre une fraude d'une pareille gravité; sur notre demande à l'expéditeur de nous donner des détails sur le marché et de nous communiquer le nom du vendeur, nous reçûmes la réponse suivante :

« L'échantillon que je vous ai envoyé m'a été remis par un voyageur français. Je lui ai dit qu'avant de traiter avec lui j'aimerais de connaître la richesse de son sulfate d'ammoniaque et que, pour cela, je m'adresserais à vous. Alors il m'a répondu qu'il repasserait dans la quinzaine. J'aime à croire que je ne le reverrai plus. Je me félicite donc de ne pas avoir traité de suite avec cet individu et vous remercie du renseignement que vous m'avez donné à ce sujet. »

En effet, le vendeur s'est bien gardé de revenir et il a ainsi échappé à la justice. Cette tentative de fraude est d'une gravité exceptionnelle, non seulement parce qu'on a offert une marchandise ne contenant que des traces insignifiantes d'azote, au lieu d'en renfermer 20 à 21 p. c. (titre du bon sulfate d'ammoniaque), mais surtout parce que le sulfate de fer est une matière extrêmement nuisible à la végétation. Le cultivateur qui l'aurait employé en couverture pour céréales d'hiver, par exemple, aurait sans aucun doute détruit sa récolte et celui qui l'aurait mélangé avec d'autres engrais auxiliaires aurait préparé un engrais nuisible.

Le sulfate d'ammoniaque, cet engrais azoté par excellence, à cause de son prix élevé, est très exposé à toutes sortes de falsifications. Les mélanges avec du sable, du chlorure de sodium et du sulfate de magnésie ont été constatés; il nous a même été remis plusieurs échantillons qui renfermaient des quantités notables d'acide sulfurique

libre, adhérent aux cristaux de sulfate d'ammoniaque. C'est ainsi que nous avons reçu un échantillon offrant la composition suivante :

Sulfate d'ammoniaque	80.90 p. c. (*)
Acide sulfurique libre. . . .	15.83 »
Eau et sable	3.27 »
	100.00
(*) Azote ammoniacal.	17.16 p. c.

L'emploi de pareils produits au moment du semis ou, plus tard, en couverture présente naturellement le plus grand danger, à cause de leurs propriétés corrosives.

Nous profitons de cette occasion pour appeler de nouveau l'attention des cultivateurs sur le sulfate d'ammoniaque d'origine anglaise; il se présente quelquefois sous une couleur brun-rougeâtre[1] produite par la présence d'une matière (sulfocyanure d'ammonium — rhodanammonium) qui est un véritable toxique pour les végétaux et dont la présence dans du sulfate d'ammoniaque a déjà produit la destruction de récoltes entières, même lorsque ce dernier n'était employé qu'à des doses très faibles. Les cultivateurs et les fabricants d'engrais devraient s'abstenir complètement d'employer du sulfate d'ammoniaque présentant une pareille couleur tant qu'ils n'ont pas acquis, par l'analyse, la certitude que cette teinte est due à une autre cause.

---

(1) Voir, sur les différentes couleurs du sulfate d'ammoniaque : Crispo, *Bull. de l'Agriculture*, 1885, page 53.

XIX

NOUVELLE

FALSIFICATION DU NOIR ANIMAL[1].

Les cultivateurs qui achètent du ***noir animal de sucrerie*** doivent bien se garder de conclure aucun marché sans réclamer ***une garantie écrite du titre en acide phosphorique*** de la marchandise qui leur est offerte. Le titre de ce précieux déchet industriel varie beaucoup et cette matière fertilisante est, plus que toute autre, exposée à la sophistication avec du sable, du plâtre, des cendres, etc.

Nous nous empressons de signaler une nouvelle falsification du noir, qui se pratique depuis quelque temps et que nous n'avions pas encore eu l'occasion de rencontrer jusqu'ici. Il s'agit des résidus de la lévigation des vinasses calcinées, provenant de la distillation des mélasses de betteraves et qui sont employés à la fabrication des sels de potasse. Ce produit présente l'aspect du noir animal; c'est une matière pulvérulente d'un beau noir, ordinairement assez humide, que l'on offre à la culture comme noir animal ou que l'on emploie pour falsifier celui-ci. Il est vrai que ces résidus peuvent très bien être employés comme

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État, à Gembloux*, nº 16 (janvier 1878).



engrais, car ils renferment, d'après nos analyses, suivant leur lévigation plus ou moins parfaite, de 1.48 à 1.69 p. c. d'acide phosphorique et de 0.0 à 3.55 p. c. de potasse; mais cela n'empêche point que leur vente, comme noir animal, qui titre ordinairement de 18 à 25 p. c. d'acide phosphorique, constitue une fraude et porte atteinte aux intérêts de l'acheteur. Il est encore à considérer que les résidus du traitement des vinasses de betteraves renferment fréquemment des *cyanures* et des *sulfures* qui se forment pendant la calcination et proviennent de la réduction des sulfates; les uns comme les autres sont des combinaisons dangereuses pour les végétaux. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire, avant d'employer ces résidus, de les exposer à l'air, soit en les laissant en tas que l'on recoupera deux ou trois fois, soit en les répandant avant l'hiver sur les terres destinées à recevoir des emblavures de printemps. La sophistication du noir animal avec les résidus du travail des mélasses de betteraves lèse donc les intérêts du cultivateur, non seulement au point de vue du titre en acide phosphorique de l'engrais qu'il achète, mais en ce qu'elle l'expose aussi à employer une matière qui peut devenir nuisible à la végétation.

XX

LE PLATRE PHOSPHATÉ[1].

Il y a déjà quelques années[2] que nous avons signalé à l'attention de l'agriculture et du commerce des matières fertilisantes un nouveau produit : le *superphosphate riche* ou le *superphosphate* dit *double*. Engrais très concentré, cette matière présente une grande économie de frais d'emballage, de transport et de manutention.

Le phosphate fossile est décomposé par l'acide sulfurique, l'acide phosphorique hydraté est extrait du superphosphate ainsi obtenu à l'aide d'un lavage méthodique et de filtres-presses et la solution phosphorique[3] est vendue telle quelle, ou employée à la fabrication du phosphate d'ammoniaque ou du phosphate précipité. En se servant de cette dissolution d'acide phosphorique, au lieu d'acide sulfurique, employé ordinairement, à l'attaque du phosphate brut, on obtient le *superphosphate riche*, qui, suivant la composition de la matière première et les proportions respectives de phosphate et d'acide phosphorique, constitue finalement un mélange de beaucoup d'acide phosphorique libre et de phosphate acide de chaux, avec peu de phosphate bibasique

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 35 (janvier 1886).

(2) *Rapport sur les travaux de la Station agricole de Gembloux en* 1880, page 8.

(3) Voir aussi : *Les matières fertilisantes à l'Exposition de Vienne;* Bruxelles, 1874, page 29.

de chaux, de fer et d'alumine et accompagné de faibles proportions de phosphate brut ayant échappé à la décomposition, de sable, de silice, etc., mélange qui donne à l'analyse 38 à 44 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.

Le déchet de cette fabrication, ce qui reste dans les presses-filtres, constitue ce que nous appelons le plâtre phosphaté, que l'on prépare maintenant en quantité considérable en Belgique, en Allemagne et en Angleterre. Ce résidu se présente sous forme d'une poudre sèche, grisâtre, tirant sur le brun et le rouge, de réaction faiblement acide. Il est exempt de carbonates et ne donne point de réaction d'acide chlorhydrique.

Voici l'analyse de trois échantillons provenant de différentes fabriques, examinés au laboratoire de la Station agricole de Gembloux dans le courant de cette année :

Composition du plâtre phosphaté.

	I.	II.	III.
Sulfate de chaux hydraté	57.16	59.15	75.14
Acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.	1.09	1.52	1.22
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique . .	1.04	1.31	1.81
Sable + silice	23.62	18.52	8.52
Non dosé (eau, magnésie, oxyde de fer et alumine)	17.09	9.58	13.31
	100.00	100.00	100.00

Le plâtre phosphaté peut, par conséquent, remplacer avantageusement le plâtre naturel dans son emploi agricole. Ce produit mérite d'autant plus notre attention qu'il est le résidu d'une industrie du pays alimentée par des phosphates belges et de l'acide sulfurique fabriqué en Belgique, tandis que le plâtre naturel nous vient exclusivement de l'étranger.

Le sulfate de chaux contenu dans ce plâtre artificiel se trouve dans un état de grande division, car il a été obtenu par précipitation, ce qui constitue naturellement une supériorité sur le plâtre naturel. Il renferme, ce qui est un autre avantage sur le plâtre naturel, 2 à 3 p. c. d'acide phosphorique dont la moitié soluble dans le citrate, par conséquent sous une forme très favorable à la nutrition végétale. Son emploi sur trèfles, luzernes, prairies, pois, féveroles, vesces, oseraies est particulièrement recommandable.

Étant exempt de carbonate de chaux, il remplace avantageusement le plâtre naturel dans la préparation des engrais mélangés en enrichissant ceux-ci en acide phosphorique.

Le plâtre phosphaté convient aussi à la fixation du carbonate d'ammoniaque des fumiers. Lorsqu'on l'emploie dans ce but, on ne doit cependant pas perdre de vue que le plâtrage des fumiers ne constitue pas une panacée, mais qu'il n'agit favorablement que dans certaines conditions spéciales (1).

En attribuant au kilogramme de sulfate de chaux hydraté une valeur de 3 centimes, en comptant l'acide phosphorique insoluble à 12 centimes et l'acide phosphorique dit assimilable à 50 centimes, 1000 kilogrammes de plâtre phosphaté auraient une valeur théorique de 28 francs.

---

(1) On lira, à cet effet, utilement la note publiée par M. Crispo, d'Anvers, *Bull. de l'Agriculture*, 1885, page 59.

XXI

COMPOSITION

DE

DIVERSES MATIÈRES FERTILISANTES.

Nous réunissons dans le travail suivant celles des analyses d'engrais exécutées au laboratoire de la Station agricole qui nous semblent offrir un certain intérêt, sans cependant donner lieu à être traitées dans des notes spéciales, ainsi que nous l'avons fait dans les pages précédentes pour quelques matières fertilisantes. Ces chiffres sont tirés de plusieurs milliers d'analyses.

Nitrate de soude.

Moyenne :	**15.40**	p. c. d'azote nitrique.
Minimum :	8.92	
Maximum :	16.21	

Sulfate d'ammoniaque.

Moyenne :	**20.39**	p. c. d'azote ammoniacal.
Minimum :	15.29	
Maximum :	21.12	

Poudre de cornes.

Moyenne :	**12.32**	p. c. d'azote organique.
Minimum :	11 80	
Maximum :	13.10	

Sang desséché.

Moyenne : 11.36 }
Minimum : 5.35 } p. c. d'azote organique.
Maximum : 13.85 }

Cuir torréfié.

Moyenne : 7.61 }
Minimum : 6.84 } p. c. d'azote organique.
Maximum : 9 16 }

Poudre de viande de la Plata.

12.89 }
12.48 } p. c. d'azote organique.

Déchets de boyaux séchés.

7.45 p. c. d'azote organique.

Poils de tannerie secs.

13.87 }
12.61 } p. c. d'azote organique.

Poussière de soie.

7.66 p. c. d'azote organique.

Déchets de soie (passementerie).

9.83 p. c. d'azote organique.

Déchets de peaux de lapin.

11.94 p. c. d'azote organique.

Déchets de poils de lapins et de lièvres.

7.79 p. c. d'azote organique.

Coupures de chapeaux.

9.16 p. c. d'azote organique.

Shoddy concentré.

(Poussière très fine de laine pure, produit anglais)

12.33 11.49	p. c. d'azote organique.

Guano du Pérou.

(Moyennes des analyses faites de 1880 à 1884.)

Guano dissous	7.02	p. c. d'azote organique + ammoniacal.
	10.30	— d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau.
Guano moulu	6.42	p. c. d'azote organique + ammoniacal.
	12.82	— d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
Guano brut	5.82	p. c. d'azote organique + ammoniacal.
	13.76	— d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.

Guano brut	Minimum :	1.16	p. c. d'azote organique + ammoniacal.
	Maximum :	10.88	

Poudre d'os.

Moyenne :	**2.86**	p. c. d'azote organique.
Minimum :	1.34	
Maximum :	4.23	
Moyenne :	**24.04**	p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
Minimum :	19.35	
Maximum :	27.58	

Phosphate précipité.

Moyenne :	**23.97**	p c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Minimum :	3.52	
Maximum :	40.32	

Phosphate du Lot.

Moyenne :	**30.01**	p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide.
Minimum :	29.73	
Maximum :	30.15	

Phosphate du Canada.

Moyenne :	**33.93**	p c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide.
Minimum :	33.60	
Maximum :	34.42	

Superphosphate de Caçerès-phosphate.

Moyenne : 15.35		p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Minimum :	14.10	
Maximum :	18.20	

Superphosphate de Ciply-phosphate.

Moyenne : 12.98		p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Minimum :	8.64	
Maximum :	15.02	

Superphosphate riche(1).

Moyenne : 40.15		p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Minimum :	30.38	
Maximum :	43.84	

Superphosphate de noir animal.

Moyenne : 14.98		p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Minimum :	9.50	
Maximum :	19.42	

Chlorure de potassium.

Moyenne : 52.78		p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau.
Minimum :	47.39	
Maximum :	58 94	

(1) Voir pages 376 et 477.

TROISIÈME PARTIE

ANALYSES

DE

MATIÈRES ALIMENTAIRES

I

COMPOSITION

DU

FOIN DES PRAIRIES IRRIGUÉES DE LA CAMPINE[1].

Il y a peu de matières alimentaires destinées au bétail dont la composition et la digestibilité varient autant que celles du foin de prairie. Non seulement la nature des espèces botaniques qui le constituent varie de terrain à terrain, de prairie à prairie, mais aussi la composition chimique de la même espèce de plante est exposée à de grandes variations suivant le sol qui l'a portée, les engrais dont elle a pu se nourrir, le moment où on l'a récoltée, etc. Il en résulte que les nombreuses analyses de foin produit dans les conditions les plus variées relèvent des titres oscillant entre :

6.0 et 18.0 p. c. pour les matières albuminoïdes;
1.4 et 5.6 p. c. pour les matières grasses;
22.6 et 48.2 p. c. pour les matières extractives non azotées.

Quant à la digestibilité de la matière organique du foin, elle varie, d'après E. Wolff, de 70 p. c. à 39 p. c., suivant qu'il s'agit de foin d'une grande finesse, aromatique, tel

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, nº 15 (avril 1877).



qu'on en récolte dans les terrains montagneux, surtout sur les prairies alpines, ou de foin provenant de prairies soit naturellement humides, acides ou fréquemment et pendant longtemps irriguées. Tous les cultivateurs connaissent les effets désastreux de la submersion prolongée des prairies et nous avons constaté, M. Grandeau et moi, dans une étude sur les inondations des prairies de la vallée de la Seille (France), une différence de 2.13 p. c. de matières albuminoïdes, en comparant la composition du foin provenant d'une partie de prairie non immergée au foin d'une partie de la même prairie submergée depuis le mois de novembre 1869 jusqu'au mois de mars 1870 et de nouveau couverte d'eau de décembre 1870 à mars 1871. Du reste, dans les prairies inondées, toutes les légumineuses avaient disparu, le *jonc bulbeux* et le *carex* avaient pris leur place (1).

Mais ce serait s'exposer à commettre une profonde erreur, de croire que l'irrigation par submersion doit toujours nuire à la qualité nutritive du fourrage produit; au contraire, lorsque l'irrigation est conduite de manière à ne pas laisser séjourner les eaux plus de 2 à 3 jours en été et de 8 à 10 jours en hiver, les bonnes espèces botaniques se maintiennent, augmentent leur production tout en donnant un fourrage digestible et assez riche en éléments nutritifs. C'est dans cet ordre d'idées que nous croyons utile de publier ici une analyse botanique et chimique du foin des prairies irriguées de la Campine. Cette analyse offre d'autant plus d'intérêt que les analyses de foin avec indication des conditions dans lesquelles il a été obtenu et la spécification des plantes dont il se compose sont peu nombreuses. L'échantillon de foin dont nous avons étudié la composition nous a été adressé par l'admi-

(1) *La Soudière de Dieuze et les inondations de la vallée de la Seille*; Paris, 1872.

nistration du domaine de *Réthy* (Campine), qui possède plusieurs centaines d'hectares de prairies irriguées par le canal de la Campine. Ces prairies, que nous avons visitées en 1873, reçoivent d'abord comme nourriture les matières qui se trouvent en suspension dans l'eau du canal et qui se déposent pendant la submersion, laquelle dure une dizaine de jours au printemps, trois jours en été, et se répète, suivant la quantité d'eau disponible, quatre à cinq fois par an, et tous les deux ans, une fumure auxiliaire de 300 kilogrammes de guano du Pérou par hectare. En 1873, elles ont reçu une fumure de 150 kilogrammes de sulfate de potasse et de magnésie de Stassfurt. L'échantillon de foin, consistant en deux grandes bottes de 15 kilogrammes, provenait de la première coupe de 1874; il a été fauché au commencement de la maturité et récolté dans de bonnes conditions. Le foin était sec, avait une bonne odeur, et, sans être fin, n'était cependant pas trop pailleux. L'examen botanique nous a fait connaître qu'il se composait des bonnes espèces suivantes :

1. Trèfle rampant (Trifolium repens).
2. Fétuque ovine (Festuca ovina).
3. Fétuque des prés (Festuca pratensis).
4. Dactyle aggloméré (Dactylis glomerata).
5. Houlque molle (Holcus mollis).
6. Vulpin des prés (Alopecurus pratensis).
7. Anthyllide des dunes (Anthyllis vulneraria).
8. Koelérie (Koeleria cristata).
9. Achillée mille-feuille (Achillea millefolium).

Nous y avons constaté en plus :

10. Molinie bleue (Molinia caerulea).
11. Lychnide (Lychnis floscuculi).
12. Lysimaque (Lysimachia nummularia).
13. Oseille (Rumex acetosa).

Les quatre derniers spécimens botaniques se rencontrent, de préférence, dans les prairies humides; mais nous n'avons trouvé dans toute la masse du foin qu'une plante de carex

et une de renoncule flammette (*Ranunculus flammula*), plantes caractérisant les terrains marécageux.

L'inspection des noms des plantes composant notre lot de foin prouve que les bonnes espèces que nous rencontrons dans toutes les prairies prédominent de beaucoup sur les plantes des terrains humides; ensuite, n'ayant constaté dans toute la masse la présence que de deux plantes de terrains marécageux, nous pouvons dire que le caractère général des prairies de Réthy est celui de *prairies humides de bonne qualité.*

Le lot entier de foin a été coupé, au moyen de ciseaux en brins de 2 à 3 centimètres de longueur. La masse ainsi obtenue a été intimement mélangée et un échantillon moyen de celle-ci réduit en poudre fine à l'aide d'un moulin en acier. La masse homogène résultant de cette dernière opération a été soumise à l'analyse.

Composition du foin des prairies irriguées de Réthy.

Eau	14.88
Matières albuminoïdes	7.89
Matières grasses	2.65
Matières extractives non azotées	43.72
Matières minérales	5.34
Cellulose	25.52
	100.00

Composition de la matière minérale du foin.

Chaux	15.78
Magnésie	5.37
Potasse	34.48
Soude	4.59
Oxyde de fer	0.33
Acide silicique	16.76
Acide sulfurique	4.84
Acide carbonique	0.90
Acide phosphorique	5.03
Chlore	15.18
	103.26
Oxygène correspondant au chlore	3.42
	99.84

Il résulte de notre analyse que le foin que nous avons examiné est de bonne qualité; il est vrai que le titre en protéine brute n'atteint pas celui de la moyenne établie par M. Kühn (8.5 p. c.); mais il est à remarquer que notre foin renferme près de 6 p. c. en plus de matières extractives non azotées, qui jouent un rôle important dans la nutrition animale, et qu'il contient près de 3 p. c. en moins de cellulose que l'indique la composition moyenne donnée par M. Kühn. Ce dernier point est important, car il est reconnu que la diminution du titre en cellulose des fourrages augmente la digestibilité des autres principes organiques.

La composition de la matière minérale n'offre rien de particulier; le titre en chaux et en acide phosphorique, éléments qui ont leur importance lorsque le foin est donné au bétail d'élevage, est normal; le titre en chlorures alcalins est plus élevé que dans le foin d'autre provenance.

II

COMPOSITION

DES

PULPES (COSSETTES, SCHNITZELS) DE BETTERAVES

OBTENUES PAR LA DIFFUSION(1).

L'introduction du système de la diffusion dans la sucrerie belge marquera une phase importante dans le développement de cette industrie, car le travail des betteraves par ce procédé ne manquera pas de supplanter le système si imparfait des presses hydrauliques, comme cela est déjà arrivé en Allemagne(2), en Autriche et en Russie, partout

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 18 (janvier 1879).

(2) En Allemagne, le développement de la « diffusion » a dépassé toute attente, ce qui résulte des chiffres suivants (V. *Annuaire* de Stammer) :

	Nombre total de fabriques.	Fabriques travaillant à la diffusion.	
1873-1874	337	80	23.7 p.c.
1875-1876	332	157	47.3 —
1879-1880	328	291	88.0 —
1883-1884	376	368	98.2 —

La Belgique suit cet exemple. Sur 144 fabriques de sucre en activité pendant la campagne de 1882-1883, 47 usines travaillaient à la diffusion ; pendant la campagne de 1884-1885, sur 139 fabriques, 52 avaient installé la diffusion.

où l'abondance d'une bonne eau en rend l'application possible. L'adoption de la diffusion intéresse non seulement l'industrie sucrière, mais aussi, à un haut degré, l'agriculture, car les résidus du travail des betteraves constituent pour les animaux une source abondante de nourriture saine et riche en principes utiles. Les producteurs de betteraves qui entreprennent cette culture dans le but secondaire de se procurer de la nourriture destinée à l'engraissement de leur bétail ont donc un grand intérêt à savoir si les changements introduits dans le travail des sucreries n'entraînent pas des variations dans la composition des résidus. La différence entre les deux systèmes est, en effet, considérable. Dans le travail ordinaire par les presses, on a en vue le déchirement des parois de la cellule par le râpage, afin d'en extraire le contenu par l'action toute mécanique des presses, tandis qu'en opérant par la diffusion, on tâche, au contraire, autant que l'opération le permet, de conserver la cellule intacte, en découpant les betteraves en lanières minces (schnitzels, cossettes) pour les épuiser par l'eau tiède d'après les lois de la diffusion. Dans le premier cas, toutes les matières contenues dans la cellule, sucre, sels, matières albuminoïdes, vont dans le jus; dans le second cas, ce sont surtout les corps cristallisables qui, passant à travers la membrane de la cellule, entrent dans le jus, tandis que les corps difficilement diffusibles (albumine) restent dans le résidu.

Lors de l'introduction de la diffusion en Autriche et en Allemagne et de l'apparition sur le marché belge de cossettes provenant de fabriques hollandaises, les cultivateurs montraient une grande défiance envers le nouveau produit. La grande quantité d'eau (94 à 96 p. c. en sortant des diffuseurs) que les cossettes épuisées retiennent présentait de sérieux inconvénients, non seulement au point de vue du transport et de la conservation, mais aussi au point de vue de l'alimentation. Il résulte, en effet, des expériences

faites à Munich et à Weende qu'une ingestion par les animaux de trop fortes quantités d'eau sous forme de nourriture trop aqueuse produit des pertes sérieuses. L'animal dépense inutilement du calorique pour élever à la température de son corps celle de l'eau qu'il a incorporée et pour éliminer celle-ci par une transpiration surabondante; de plus, cette eau augmente d'une manière considérable la décomposition de l'albumine de circulation.

L'invention de la presse Klusemann, qui permet de réduire de 95 à 90 p. c. le titre en eau des cosettes, c'est-à-dire de doubler celui de la matière sèche, constitua donc un progrès manifeste. En même temps, M. Märcker, directeur de la Station agricole de Halle, mit fin aux discussions sur la valeur relative des pulpes de différents systèmes par la publication d'une remarquable étude sur ce sujet(1). De ce travail il résulte : 1° que la matière sèche des pulpes de diffusion est beaucoup plus riche en principes albuminoïdes(2) que celle des pulpes de presses ordinaires; 2° que la perte en éléments nutritifs qu'éprouvent les pulpes de diffusion exposées à une forte pression n'atteint que 3 p. c. de la matière sèche; 3° que l'ensilage des pulpes de diffusion s'opère parfaitement(3).

---

(1) *Journal für Landwirthschaft*, 1871.

(2) Il est à remarquer que le titre en matières albuminoïdes a été, dans les recherches de M. Märcker, ainsi que dans les nôtres, déduit de l'azote multiplié par le coefficient 6.25. Si ce procédé n'est plus applicable à l'analyse de la betterave depuis que l'on sait que plus de la moitié (environ 65 p. c.) de son titre en azote ne s'y trouve pas à l'état de matières albuminoïdes, mais bien à l'état d'ammoniaque, d'acide nitrique, de bétaïne, d'asparagine, etc., on peut sans inconvénient s'en servir dans l'analyse des pulpes. Le titre des matières azotées non albuminoïdes de la betterave, qui sont toutes très solubles et diffusibles, est réduit dans une telle proportion, dans les pulpes des deux systèmes, qu'elles n'exercent plus qu'une influence peu appréciable sur le dosage de l'azote.

(3) On recommande depuis quelque temps la dessiccation comme moyen de conservation des pulpes, afin d'éviter la perte qu'elles subissent pendant l'ensilage.



Quoique le travail de M. Märcker ait déjà été confirmé par plusieurs chimistes, nous croyons utile de publier, de notre côté, les analyses de pulpes que nous avons exécutées, car les nombreuses demandes qu'on nous a adressées sur la valeur comparative des pulpes des deux systèmes nous prouvent que le cultivateur n'est pas encore complètement renseigné sur leur composition relative.

Composition des pulpes de diffusion à l'état frais.

	Ier Échantillon.	IIe Échantillon.	IIIe Échantillon.	IVe Échantillon.	Moyenne.	Composition de la matière sèche.
Eau	89.27	90.54	91.38	88.88	90.02	—
Matières albuminoïdes . . .	1.12	1.04	0.73	0.84	0.93	9.32
Matières grasses .	0.11	0.04	0.06	0.08	0.07	0.70
Matières extractives non azotées.	6.62	5.68	5.45	7.31	6.27	62.82
Matières minérales.	0.49	0.94	0.70	0.86	0.75	7.52
Cellulose . . .	2.39	1.76	1.68	2.03	1.96	19.64
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Composition des pulpes de presses ordinaires à l'état frais.

	Ier Échantillon.	IIe Échantillon.	Moyenne.	Composition de la matière sèche.
Eau	74.15	70.80	72.48	—
Matières albuminoïdes .	2.69	4.68	2.18	7.92
Matières grasses . . .	0.31	0.28	0.30	1.09
Matières extractives non azotées	13.76	18.22	15.98	58.08
Matières minérales . .	3.50	3.04	3.27	11.87
Cellulose	5.59	5.98	5.79	21.04
	100.00	100.00	100.00	100.00

En comparant la composition moyenne des résidus de diffusion à celle des résidus de presses, on voit tout d'abord que les premiers sont beaucoup plus aqueux et moins riches en principes nutritifs que les derniers. Donc le cultivateur ne peut pas attendre d'un poids égal de cossettes et de pulpes le même effet dans l'engraissement.

Par 1.000 kilogrammes de résidus de diffusion, il n'acquiert, en chiffres ronds, que 10 kilogrammes de matières albuminoïdes, 3/4 de kilogramme de graisse et 63 kilogrammes de matières extractives non azotées, tandis qu'il fournit à son bétail, par 1,000 kilogrammes de résidus de presses, 22 kilogrammes de matières albuminoïdes, 3 kilogrammes de matières grasses et 160 kilogrammes de matières extractives non azotées. *Le cultivateur ne doit donc payer les cossettes (à 90 p. c. d'eau) que tout au plus la moitié du prix auquel il paie les pulpes de presses ordinaires.*

Mais si nous établissons le rapport nutritif qui existe dans les deux produits (il est dans les cossettes de 1 : 6.9 et dans les pulpes de presses de 1 : 7.7) et si nous considérons surtout la composition de la matière sèche, nous constatons que, dans le travail à la diffusion, les matières albuminoïdes, qui forment les éléments les plus précieux d'un fourrage, restent dans les cossettes en plus forte proportion que dans les pulpes de presses. *Rapportées au même degré d'humidité, les cossettes constituent donc un fourrage plus riche et d'un rapport nutritif plus étroit que les pulpes de presses.* Envisagée sous ce rapport, l'introduction de la diffusion constitue un progrès manifeste, non seulement au point de vue industriel, mais aussi au point de vue agricole. Le travail à la diffusion conserve à l'agriculture, et sous forme d'un aliment convenable, des milliers de kilogrammes de matières albuminoïdes qui, dans le travail des presses, sont perdus pour elle ou dont seulement une fraction minime lui est restituée dans les écumes.

Il résulte de nos analyses et de notre exposé que l'introduction de la diffusion ne peut être que favorablement accueillie par l'agriculture belge ; mais le cultivateur, lors de l'achat des cossettes et dans le calcul des rations de son bétail, ne doit pas perdre de vue la différence qui existe entre la composition des résidus de diffusion et celle des résidus de presses.

III

ALBUMINE

DE

LA LIEBIG'S EXTRACT OF MEAT COMPANY(1).

La fabrication de l'extrait de viande à Fray-Bentos donne un certain nombre de produits, de déchets, etc., dont, avec raison, l'agriculture tire profit. Ce sont surtout les *résidus de viande de Fray-Bentos* et l'*engrais animal dissous de Fray-Bentos* (voir pages 467 et 469) qui s'emploient beaucoup comme engrais. Aujourd'hui, la Compagnie de Fray-Bentos fournit un nouveau produit à l'agriculture; nous en avons reçu un échantillon provenant du premier envoi de cette matière fait pour l'Europe.

L'*albumine* de la Compagnie de Fray-Bentos est le produit qui résulte de la préparation de l'extrait de viande. Après la cuisson à la vapeur de la viande dans de grandes cuves, on laisse écouler le liquide dans des vases d'où l'on en retire la graisse. Cette opération faite, on concentre le liquide (l'extrait de viande) jusqu'à un certain degré et alors on le passe dans des filtres d'étoffe sous une forte pression. Les résidus restant dans ces filtres (albumine coagulée, graisse, extrait de viande adhérent) forment,

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux* n° 15 (avril 1877).

après dessiccation, le produit en question. On voit déjà, d'après le mode de fabrication, que ce produit se distingue essentiellement de la farine de viande de Fray-Bentos, que l'on connaît depuis plusieurs années sur le marché européen et qui est constituée par la partie insoluble de la viande (fibrine, graisse). Le nouveau produit, « l'albumine », tel qu'il est obtenu, se présente sous forme de morceaux mamelonnés, de la grosseur d'un pois à celle d'une noisette, d'une couleur brun-verdâtre; broyé, tel qu'on le livre au commerce, il forme une poudre assez fine, jaunesale et d'une faible odeur qui rappelle celle de la colle et de l'acide butyrique. La composition de ce produit est la suivante :

Composition de l'albumine de la Liebig's extract of meat Company.

Eau	12.93
Matières azotées	60.57(*)
Matières grasses	14.02
Matières minérales . . .	12.48(**)
	100.00

(*) Azote organique . . . . 10.24 p. c.
(**) Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau . . . 4.12 —
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide . . 0.90 —
Potasse anhydre soluble dans l'eau. . . . . 4.47 —

Les derniers travaux des stations agricoles s'occupant de physiologie animale, notamment les recherches entreprises par MM. *Wolff*, *Hofmeister*, *Lehmann*, *Weiske*, avec la farine de viande de Fray-Bentos; par M. *Wolff* avec la farine provenant de hannetons desséchés et broyés; par M. *Wildt* avec la farine de sang desséché, prouvent que les matières albuminoïdes d'origine animale subissent la digestion et la résorption non seulement chez les carnivores, mais aussi chez les herbivores, sensiblement au même degré que les matières albuminoïdes d'origine végétale. Nous ne pouvons donc qu'engager les cultivateurs à faire

des essais avec le nouveau produit de Fray-Bentos, lequel conviendra, croyons-nous, dans tous les cas où il s'agira d'augmenter le titre en principes azotés d'une ration composée de fourrages relativement pauvres en matières albuminoïdes. Lors de la composition des rations, il faudrait, autant que possible, masquer l'odeur peu agréable de l'*albumine* par l'emploi de fourrages très savoureux; préparer, par exemple, pour l'engraissement du porc, une ration composée de *pommes de terre*, *petit-lait* et *albumine*, ou, pour les moutons, une ration composée de *pulpes*, *paille* et *albumine*, ou *betteraves*, *foin* et *albumine*.

Quant à la quantité d'albumine qu'il convient de donner aux animaux, il est à conseiller d'en employer par jour environ 400 grammes pour le porc et 300 grammes pour le mouton, par 100 kilogrammes de poids vif.

En ce qui concerne la composition de l'*albumine* de Fray-Bentos, nous faisons remarquer que les matières azotées qu'elle renferme ne sont pas constituées exclusivement de matières albuminoïdes; s'il en était ainsi, le produit ne pourrait contenir, au maximum, que 9.69 p. c. d'azote, tandis qu'il en renferme 10.24 p. c., résultat de deux analyses dont la première a donné 10.29 p. c. et la seconde 10.18 p. c. d'azote. La matière azotée se compose donc d'albumine renfermant des corps azotés dont le titre en azote est plus élevé que celui des matières protéiques. En effet, on sait que la viande de bœuf renferme, parmi d'autres produits azotés, de la *créatine*, corps cristallisable, titrant 32.06 p. c. d'azote, tandis que les matières albuminoïdes n'en renferment, en moyenne, que 16 p. c.

Le titre en *acide phosphorique* et en *potasse* de l'albumine est très élevé. Ces deux éléments proviennent des phosphates alcalins contenus dans l'extrait de viande qui adhère à l'albumine coagulée; il est, du reste, probable que la Compagnie de Fray-Bentos a ajouté à l'albumine du phosphate de soude et du chlorure de potassium, comme elle

l'a fait autrefois pour améliorer la qualité de la farine de viande, dont la pénurie en éléments minéraux présentait un inconvénient. Quelle que soit d'ailleurs l'origine de l'acide phosphorique et de la potasse de l'albumine de Fray-Bentos, leur présence est importante, que nous envisagions ce produit comme aliment ou comme engrais.

Il faut convenir que, comme engrais, ce déchet de l'industrie de l'extrait de viande constitue une matière fertilisante d'une richesse exceptionnelle; il titre, en effet :

10.24 p. c. d'azote organique ;
4.47 p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau ;
4.12 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau ;
0.90 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide.

Ce titre pourrait facilement être porté à :

11.5 p. c. d'azote organique ;
5.0 p. c. de potasse anhydre soluble dans l'eau ;
4.7 p. c. d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau ;
1.0 p. c. d'acide phosphorique anhydre insoluble dans l'eau,

si la compagnie voulait dégraisser l'albumine destinée à l'emploi comme engrais. Le produit dégraissé serait non seulement plus riche en principes fertilisants, mais il se décomposerait aussi plus vite qu'à l'état ordinaire. La matière grasse jouant un rôle important dans l'alimentation du bétail, l'albumine de Fray-Bentos doit être employée telle quelle comme aliment; comme engrais, elle conviendrait mieux si elle avait été préalablement débarrassée de sa matière grasse.

Dans tous les cas, ce produit nous paraît digne d'attirer l'attention des cultivateurs.

IV

ANALYSE

DES CAPSULES DE CAMELINE(1).

La culture de la cameline possède une certaine importance en Belgique. Nous croyons donc utile de publier une analyse des capsules de cameline faite il y a quelque temps au laboratoire de la Station agricole.

Composition des capsules de cameline.

		Siliques de colza.	Paille de froment.
Eau	11.16	11.74	13.55
Matières albuminoïdes	2.72	4.29	3.03
Matières grasses	1.07	1.58	1.10
Matières extractives non azotées	32.58	38.86	40.90
Cellulose	45.24	36.75	37.48
Matières minérales solubles dans l'acide chlorhydrique	6.10	6.78	3.94
Sable	1.13	0.00	0.00
	100.00	100.00	100.00

En comparant la composition des capsules de cameline à celle des siliques de colza ou à celle de la paille de froment dont nous avons ajouté la composition suivant M. Wolff, pour faciliter la comparaison, nous voyons que ces fourrages se ressemblent beaucoup. Les capsules

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 13 (février 1876).

de cameline joueraient donc dans l'alimentation du bétail principalement le rôle de fourrages fibreux qui servent surtout à lester l'appareil digestif ou à lui fournir le volume qu'il réclame.

Composition de la matière minérale des capsules de cameline.

(CENDRE EXEMPTE DE CARBONE ET DE SABLE.)

Chaux	29.49
Magnésie	4.14
Potasse	23.44
Soude	2.37
Oxyde de fer	1.90
Acide silicique	6.66
Acide phosphorique	2.84
Acide sulfurique	8.40
Acide carbonique	20.05
Chlore	1.25
	100.54
Oxygène correspondant au chlore	0.28
	100.26

La composition de la cendre de ces capsules révèle surtout une quantité élevée de potasse et un titre très faible en acide phosphorique, ce que l'on rencontre d'ailleurs dans les balles et les siliques de toutes les plantes, tandis que, pour les graines, la proportion d'acide phosphorique prédomine sur celle de la potasse. En nous servant de l'analyse des cendres et du dosage d'azote indiqué plus haut, nous pouvons calculer les quantités de principes nutritifs que les capsules de cameline enlèvent au sol. Il résulte de ce calcul que 1000 kilogrammes contiennent :

4.35	kilogrammes	d'azote.
14.30	—	de potasse.
1.73	—	d'acide phosphorique.
18.00	—	de chaux.
2.53	—	de magnésie.

V

ANALYSE

DES BALLES DE LIN[1].

Nous avons donné (page 501) la composition des *capsules de cameline;* nous communiquerons maintenant à nos lecteurs celle des *balles de lin*, ni l'une ni l'autre de ces matières n'ayant encore été soumises à l'analyse[2], malgré l'emploi considérable que l'on en fait pour l'alimentation du bétail, surtout en Belgique.

Composition des balles de lin.

Eau	11.58
Matières albuminoïdes	3.50
Matières grasses	3.42
Matières extractives non azotées	35.01
Cellulose	40.71
Matières minérales	5.78
	100.00

Il résulte de cette analyse et de la comparaison avec la composition de fourrages analogues que les balles de lin sont beaucoup plus riches que les capsules de cameline,

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 15 (avril 1877).

(2) Nous avons alors en vain cherché l'analyse des capsules de cameline et des balles de lin dans les tables, d'ailleurs si complètes, de MM. *Kühn*, *Wolff*, *Gohren*, *Dietrich* et *Kœnig*, *Grandeau*, *Décugis*, etc.

qui ne titrent que 2.72 p. c. de matières albuminoïdes, 1.07 p. c. de matières grasses et 32.58 p. c. de matières extractives; qu'elles renferment plus de principes nutritifs que la paille de froment, et tout en contenant deux fois autant de matières grasses que les siliques de colza, les balles de lin sont inférieures à ces dernières quant à leur teneur en protéine brute. Dans l'alimentation du bétail, les balles de lin joueraient donc, comme nous l'avons déjà dit pour les capsules de cameline, principalement le rôle de fourrages fibreux, servant surtout à lester l'appareil digestif, à lui fournir le volume qu'il réclame, ou le rôle de fourrages que l'on emploie pour augmenter la matière sèche d'aliments très aqueux, tels que vinasses, betteraves, pulpes, etc.

Composition de la matière minérale des balles de lin.

(CENDRE EXEMPTE DE CARBONE ET DE SABLE.)

Chaux	27.12
Magnésie	5.66
Potasse	23.02
Soude	4.99
Oxyde de fer	3.33
Acide silicique	4.79
Acide phosphorique	7.15
Acide sulfurique	7.89
Acide carbonique	13.84
Chlore	3.46
	101.25
Oxygène correspondant au chlore	0.78
	100.47

La composition minérale des balles de lin ressemble beaucoup à celle des capsules de cameline; elle ne s'en distingue que par un titre plus élevé en acide phosphorique. Comparées à la matière minérale de la graine de lin, il est à remarquer que les cendres des balles de lin renferment moins de potasse, moins de magnésie et surtout

moins d'acide phosphorique ; par contre, elles contiennent plus de chaux, de chlore et d'acide sulfurique que les cendres de la graine. En nous basant sur l'analyse des cendres et sur le dosage de la matière azotée des balles (3.50 p. c. de matières albuminoïdes = 0.56 p. c. d'azote), nous pouvons établir que 1000 kilogrammes de balles de lin contiennent :

5.60	kilogrammes	d'azote.
13.31	—	de potasse.
4.13	—	d'acide phosphorique.
15.68	—	de chaux.
3.27	—	de magnésie.

VI

ANALYSE

DES COSSES DE FÉVEROLES[1].

Nous avons commencé dans le *Bulletin de la Station agricole de Gembloux* la publication d'un travail sur la valeur nutritive des enveloppes de diverses graines et sur la composition de leur cendre. Dans le bulletin n° 13 (février 1876), nous avons traité les capsules de cameline; dans le n° 15 (avril 1877), les balles de lin. Nous reprenons aujourd'hui cette étude en nous occupant, cette fois, des cosses de féveroles, que nous avons fait analyser par M. l'ingénieur Graftiau, préparateur-chimiste à la Station agricole.

L'échantillon qui a servi à notre recherche provient d'une culture de féveroles (*vicia faba*) faite en 1879 au champ d'expériences, en sol sablo-argileux. Récolte précédente : froment; fumure à l'hectare : 75 kilogrammes d'acide phosphorique sous forme de superphosphate de

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 32 (janvier 1885).

Ciply-phosphate ; plantation : 13 mai ; récolte : 7 octobre. Les cosses ont été séchées à l'air et réduites en poudre fine à l'aide d'un moulin à cône en acier trempé.

Composition des cosses de féveroles.

Eau	13.00
Matières albuminoïdes	7.16
Matières grasses	0.81
Matières extractives non azotées	43.49
Cellulose	30.73
Matières minérales	4.81
	100.00

En considérant les titres en éléments nutritifs les plus importants, nous constatons que les cosses de féveroles sont beaucoup plus riches en albumine et en matières extractives, mais un peu plus pauvres en graisse que les capsules de cameline, les balles de lin, les siliques de colza et la paille de froment. Leur composition ressemble assez bien à celle du foin de qualité inférieure. Des expériences pour fixer la digestibilité des enveloppes des graines n'ayant pas encore été entreprises, il est difficile de se prononcer à cet égard. Cependant en tenant compte de ce que les cosses de féveroles renferment moins de cellulose que la paille de froment, sur laquelle elles ont encore l'avantage d'une plus grande division physique, leur coefficient de digestibilité sera plus élevé, sans toutefois atteindre celui du bon foin.

Le titre élevé en matière sèche (87 p. c.) rend ce produit, comme d'ailleurs les balles, les capsules, etc., d'autres graines, très apte à être mélangé aux fourrages verts et aux pulpes au moment de leur ensilage.

Composition de la matière minérale des cosses de féveroles.

(CENDRE EXEMPTE DE CARBONE ET DE SABLE.)

Chaux	9.08
Magnésie	6.13
Potasse	45.94
Soude	9.43
Oxyde de fer	0.38
Acide silicique	3.01
Acide phosphorique	1.51
Acide sulfurique	2.81
Acide carbonique	18.57
Chlore	4.05
	100.91
Oxygène correspondant au chlore	0.91
	100.00

Dans l'examen de la composition de la cendre, on est frappé du titre élevé en alcalis qui s'y trouvent principalement sous forme de carbonates et de chlorures, en faible quantité comme phosphate et sulfate. En comparant la composition de la cendre des cosses avec celle de la graine, qui, d'après Wolff, renferme 38.9 p. c. d'acide phosphorique et 1.8 p. c. de chlore, on reconnaît que les chlorures alcalins qui interviennent dans la formation de l'amidon et favorisent sa circulation s'accumulent finalement dans les cosses, leur rôle physiologique dans la graine une fois terminé. Il en est autrement de l'acide phosphorique, qui, formant avec l'azote une des matières de réserve les plus importantes pour la nutrition du jeune embryon et faisant, de plus, partie constituante des matières albuminoïdes, se concentre dans la graine et ne se trouve qu'en quantité minime dans les cosses. Nous avons déjà fait la même observation lors de l'analyse des balles de lin et des capsules de cameline.

L'analyse de la cendre et le dosage de l'azote nous permettent aussi de calculer les quantités de principes nutritifs que les cosses de féveroles enlèvent au sol; 1000 kilogrammes renferment :

11.46	kilogrammes	d'azote.
22.10	—	de potasse.
0.73	—	d'acide phosphorique.
4.37	—	de chaux.
2.95	—	de magnésie.

VII

COMPOSITION DES GLANDS[1].

Les glands dépourvus de leurs cupules sont consommés avec avidité par le porc et le mouton. Associés aux pommes de terre, aux tourteaux de riz, aux farines, ils conviennent très bien à l'engraissement du porc, et combinés avec des féveroles, de la paille, des pulpes ou des betteraves, on peut en tirer profit dans l'alimentation du mouton, d'autant plus que, lors des années où il y a abondance de ce fruit, on peut s'en procurer à bas prix. Nous croyons donc utile de publier l'analyse d'un échantillon de glands exécutée à la Station agricole et démontrant qu'ils constituent un aliment d'une valeur réelle, surtout si l'on tient compte de ce que les matières extractives sont composées principalement d'amidon.

Composition des glands à l'état frais.

Eau	37.66
Matières albuminoïdes	5.58
Matières grasses	2.92
Matières extractives non azotées	47.12
Matières minérales	1.48
Cellulose	5.24
	100.00

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 16 (janvier 1878).

Composition des glands séchés à l'air.

Eau	22.83
Matières albuminoïdes	6.91
Matières grasses	3.61
Matières extractives non azotées	58.43
Matières minérales	1.73
Cellulose	6.49
	100.00

VIII

FARINE DE COCO

ET

FARINE DE PALMIER[1].

La liste des nombreux fourrages concentrés qui se trouvent dans le commerce belge, tels que tourteaux de lin, de colza, de coton, de sésame, d'arachide, etc., vient encore d'être augmentée par l'importation de deux nouveaux produits : la *farine de coco* et la *farine de palmier*.

La farine de coco (*cocoa-nut-meal*) est la matière qui résulte du concassage et du broyage de l'amande du cocotier (*Cocos nucifera*), appartenant à la famille des palmiers. Cette farine, épuisée de sa matière grasse par le sulfure de carbone, fournit un résidu pulvérulent, sec, sans odeur prononcée, d'une couleur brun-clair. Un autre palmier (*Elaeis guineensis*), qui se rencontre surtout sur les côtes occidentales de l'Afrique et dans l'Amérique centrale, fournit également une amande grasse et blanche. Celle-ci, broyée et traitée dans des presses, donne le « tourteau de palmier » ou « palmiste », et réduite en poudre fine et épuisée par le sulfure de carbone, elle fournit la farine de palmier (*palm-nut-meal*), qui se présente sous

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, nº 18 (janvier 1879).

forme de poudre sèche, blanc-jaunâtre, dans laquelle on remarque des débris de pellicules noires provenant de l'enveloppe de l'amande.

Voici les chiffres que nous a donnés l'analyse chimique :

	Farine de coco.	Farine de palmier.
Eau	13.11	10.59
Matières albuminoïdes. . . .	19.16	14.98
Matières grasses	6.70	5.08
Matières extractives non azotées. .	43.91	50.49
Matières minérales	7.40	3.81
Cellulose	9.72	15.05
	100.00	100.00
Rapport nutritif.	1 : 3.16	1 : 4.22

Valeur théorique alimentaire par 100 kilogrammes :

19.16 × 0.60 = 11.50	14.98 × 0.60 = 8.99
6.70 × 0.25 = 1.68	5.08 × 0.25 = 1.27
43.91 × 0.10 = 4.39	50.49 × 0.10 = 5.05
Fr. 17.57	Fr. 15.31

L'effet nutritif produit par un aliment dépendant non seulement de son titre centésimal en principes utiles, mais aussi de la digestibilité de ceux-ci, l'analyse chimique seule ne permet pas de se prononcer d'une manière définitive sur la valeur alimentaire réelle d'un produit donné. Nous nous bornons, par conséquent, à attirer l'attention des cultivateurs sur la farine de coco et sur celle de palmier, croyant que la première surtout mérite d'être soumise à des essais comparatifs avec des fourrages concentrés du commerce d'une valeur alimentaire connue.

IX

ANALYSE

DU TOURTEAU D'OLIVES[1].

Il a été remis à la Station agricole un échantillon de *tourteaux d'olives* pour être soumis à l'analyse et pour examiner si ces résidus ne pouvaient pas être employés en agriculture, soit comme fourrage, soit comme engrais.

Ces résidus proviennent de l'Espagne méridionale, où ils restent après l'extraction de l'huile des olives (fruits de l'*Olea europaea*) et où ils se trouvent amoncelés en tas énormes à côté des usines. Jusqu'à présent, on s'en sert principalement comme combustible. Ces tourteaux forment une masse brunâtre, d'une odeur agréablement aromatique; on y voit les pellicules et les noyaux concassés des olives. Pour l'analyse, ils ont été séchés à l'air; leur composition est la suivante :

Composition du tourteau d'olives.

		Composition moyenne du tourteau	
		de lin.	de colza.
Eau	10.77	13.08	11.29
Matières albuminoïdes . . .	8.56	30.84	30.98
Matières grasses	25.69	9.67	9.59
Matières extractives non azotées	22.36	32.11	31.50
Matières minérales	3.98	7.39	7.68
Cellulose	28.64	6.91	8 96
	100.00	100.00	100.00

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 3 (septembre 1872).

La matière minérale avait la composition suivante :

Chaux	15.77
Magnésie	0.77
Oxyde de fer	5.65
Potasse	20.41
Soude	4.98
Acide carbonique	5.33
Acide sulfurique	3.00
Acide phosphorique	6.36
Chlore	0.60
Silice	14.70
Sable	22.02
Non dosé et perte	0.41
	100.00

On voit que ces tourteaux sont extrêmement riches en matière grasse, élément précieux pour l'alimentation du bétail. Ils en renferment trois fois plus que les tourteaux de colza et de lin, dont nous avons ajouté — à titre de comparaison — la composition moyenne établie d'après nos analyses. Par contre, la quantité des matières albuminoïdes est faible.

Le rapport nutritif du tourteau d'olives est de 1 : 10.1, tandis qu'il est de 1 : 1.8 dans les tourteaux de colza et dans ceux de lin; les tourteaux d'olives sont donc des fourrages beaucoup moins concentrés que ceux de colza et de lin.

Nous avons, en outre, trouvé dans les tourteaux d'olives 28.6 p. c. de cellulose. Celle-ci provient surtout des noyaux et est d'une dureté telle, que la plus grande partie, sinon la totalité, traversera l'appareil digestif sans subir aucune altération et qu'une toute faible partie seulement sera digérée. (On sait que 40 à 60 p. c. de la cellulose du foin et du trèfle sont digérés par les ruminants.)

Les tourteaux d'olives pourraient être parfaitement employés comme fourrage lorsqu'ils se trouvent à l'état frais. Après une longue conservation dans un milieu un

peu chaud, il est à craindre qu'une matière aussi riche en graisse que le tourteau d'olives soit exposée à une décomposition, qu'elle devienne rance, et on sait que l'alimentation avec des matières contenant des graisses altérées (acide butyrique, etc.) produit facilement des dérangements dans la digestion et même des avortements. Dans le cas où l'on aurait des tourteaux altérés, on ne pourrait les utiliser que comme engrais; cependant les chiffres suivants démontrent qu'ils ne sont pas riches en principes fertilisants.

100 parties de tourteaux d'olives renferment :

1.37	p. c.	d'azote organique.
0.25	—	d'acide phosphorique.
0.81	—	de potasse.

Ces tourteaux conviennent bien à la préparation de composts. Leur mélange avec d'autres matières fertilisantes, par exemple avec des phosphates naturels ou des poudres d'os, pourrait fournir un engrais efficace, surtout pour les terres pauvres en matières organiques, auxquelles il ne s'agit pas seulement de donner des fumures de potasse, d'acide phosphoriqne et d'azote, mais dont il importe aussi d'améliorer les propriétés physiques par l'augmentation de leur titre en matière organique.

X

COMPOSITION

DE

DIVERSES MATIÈRES ALIMENTAIRES.

Les tableaux suivants renferment la composition de 27 matières alimentaires diverses pour bétail, déduite de 187 analyses. Les renvois donnent des renseignements sur l'origine et l'emploi de ces produits ou des annotations sur leur pureté, etc.

	TOURTEAUX DE					
	LIN. (1)	LIN. (2)	COLZA. (3)	CHANVRE (4)	GERMES DE MAÏS. (5)	MAÏS. (6)
Eau	13.08	—	11.29	11.82	11.77	11.59
Matières albuminoïdes.	30.84	34.22	30.98	33.01	16.23	45.35
Matières grasses. . .	9.67	8.85	9.59	6.68	8.84	9.77
Matières extractives non azotées . . .	32.11	—	31.50	19.73	51.27	24.41
Matières minérales . .	7.39	7.64	7.68	8.38	6.33	2.41
Cellulose	6.91	—	8.96	20.38	5.56	6.47
	100.00		100.00	100.00	100.00	100.00

(1) Composition moyenne du tourteau de lin du pays

déduite de 74 analyses; les chiffres obtenus par l'analyse de tourteaux impurs, falsifiés ou douteux ne sont pas compris dans le calcul.

Les falsifications les plus fréquentes en Belgique consistent dans l'introduction de matières minérales (sable, terre, plâtre, sulfate de baryte, etc.) et dans le mélange de résidus du nettoyage du grain, de déchets de farine, spécialement de riz. La graine de lin étant exempte d'amidon, le microscope et la teinture d'iode découvrent facilement cette sophistication, qui déprécie la valeur nutritive du tourteau de lin.

Une faible réaction d'amidon provient souvent de la présence de certaines graines de mauvaises herbes, telles que *Polygonum, Chenopodium, Panicum, Lychnis githago,* etc., faciles à isoler à l'aide d'une loupe.

Le manque de soins apportés dans le nettoyage des graines oléagineuses importées, auxquelles adhérent fréquemment 4 à 7 p. c. de terre, m'a engagé à établir le maximum de matières minérales tolérables dans les tourteaux alimentaires.

	Matière minérale totale. (Résidu de l'incinération.)	Cendre physiologique.	Matière minérale adhérente.
	P. C.	P. C.	P. C.
Lin	8.5	6.0	2.5
Colza	8.0	5.5	2.5
Coton non décortiqué	7.5	6.0	1.5
Arachide décortiquée	6.5	4.5	2.0
Cocotier	6.5	5.0	1.5
Palmier	5.0	3.3	1.7

(2) Composition moyenne de 18 tourteaux de lin de la mer Noire.

(3) Composition moyenne de 35 tourteaux de colza purs.

(4) Le titre en matières albuminoïdes et matières grasses du tourteau de chanvre est presque le même que celui du tourteau de lin, mais le premier a néanmoins une valeur

moindre. Il renferme moins de matières extractives non azotées et il est beaucoup plus riche en cellulose, laquelle abaisse la digestibilité des principes azotés et gras.

(5) Obtenu lors de l'extraction de l'huile des germes de la graine de maïs, après les avoir séparés partiellement de la matière amidonnée de l'endosperme. Couleur jaune-clair, odeur agréable de pain frais.

(6) Tourteau très dur, brun-foncé, odeur agréable, réaction légèrement acide. Renferme 0.50 p. c. de glucose. Résidu de la distillation du maïs, filtré et pressé.

	TOURTEAUX DE					
	COTON.		SÉSAME.		PALMIER.	
	(7)	(8)	(9)		(10)	
Eau	13.25	—	—	—	10.53	11.14
Matières albuminoïdes.	23.94	16.25	38.24	37.24	15.81	13.30
Matières grasses. . .	6.85	4.92	10.25	10.74	9.93	13.71
Matières extractives non azotées . . .	32.80	—	—	—	41.48	45.36
Matières minérales .	5.27	—	—	—	4.25	3.36
Cellulose	17.89	—	—	—	18.00	13.13
	100.00				100.00	100.00

(7) et (8) graines de coton non décortiquées. N° 8 était très riche en fibres de coton.

Cette graine oléagineuse est produite par le cotonnier (*Gossypium*) indigène de toute la zone intertropicale. Le commerce fournit des tourteaux de graines décortiquées et des tourteaux de graines non décortiquées ; les premiers sont naturellement plus riches en principes nutritifs.

(9) Sésame blanc. Graine oléagineuse de *Sesamum orientale* et *indicum*, cultivés dans la région intertropicale des deux continents, et particulièrement à Zanzibar.

(10) Lors de l'emploi de ces tourteaux à l'alimentation du bétail, on doit veiller à ce qu'ils soient bien frais et bien conservés, car le tourteau de palmier est l'un de ceux dont la matière grasse s'altère le plus rapidement. (Voir aussi page 512.)

	TOURTEAUX DE					
	COCOTIER.	ARACHIDE.			PAVOT.	
	(11)	(12)			(13)	(14)
Eau	11.19	11.63	—	13.08	—	—
Matières albuminoïdes	19.25	48.94	44.63	42.69	32.33	29.88
Matières grasses. . .	9.58	7.38	7.80	4.11	12.12	7.75
Matières extractives non azotées . .	46.81	23.82	—	30.05	—	—
Matières minérales .	6.28	4.48	—	4.87	—	—
Cellulose	6.89	3.75	—	5.20	—	—
	100.00	100.00		100.00		

(11) Pour la farine de cocotier, voir page 512.

(12) Décortiqué. — Graine de l'*Arachis hypogea*, pistache ou noix de terre, cultivé en Afrique, au Brésil, aux Indes et en Espagne. Le tourteau d'arachide est un des fourrages les plus riches en matières albuminoïdes (6.83 à 7.9 p. c. d'azote) que l'on connaisse, lorsqu'on fait abstraction des tourteaux de candlenut, qui sont très rares dans le commerce, mais qui titrent jusqu'à 55 p. c. de matières albuminoïdes (8.8 p. c. d'azote).

La troisième colonne renferme la composition moyenne du tourteau d'arachide de bonne qualité, déduite de 20 analyses.

Les tourteaux d'arachide, de palmier et de cocotier se distinguent par la grande digestibilité de leurs éléments nutritifs (albumine et graisse).

(13) Tourteau de pavot blanc.

(14) Tourteau de pavot brun.

	AVOINE.		ORGE.			FARINE mélangée	LACTINA.
	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
Eau	12.17	12.18	12.14	10.77	13.72	20.28	9.60
Matières albuminoïdes	11.36	10.33	9.07	8.76	14.74	8.12	16.83
Matières grasses. . .	5 65	5.54	1.85	1.81	2.50	3.65	3.87
Matières extractives non azotées . .	56.45	59.01	70.05	74.70	61 69	54.94	61.85
Matières minérales .	2.73	2.02	2.05	1.93	3.00	6.93	5.17
Cellulose . .	11.64	10.92	4.84	2 03	4.35	6.08	2.68
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(15) Avoine de Thessalie. (16) Avoine de Macédoine.
(17) Orge de Thessalie. (18) Orge nue d'Afrique.
(19) Orge du pays.
(20) Produit anglais. Mélange de farine de riz, de maïs, de caroube (*Ceratonia siliqua*), d'anis et de fenouil. La farine renferme du glucose provenant du caroube.
(21) Mélange de farine de lentille, de seigle, de malt, de sucre de canne, aromatisé par des graines de fenouil et renfermant des débris de l'écorce de l'orme d'Amérique.

La plupart des préparations de ce genre (n[os] 20 et 21), grâce à leur odeur et à leur goût très agréables et aromatiques, sont consommées avec avidité par les animaux. Cependant, sauf dans des cas spéciaux, par exemple lorsqu'elles sont ordonnées comme médicaments ou comme condiments, on ne peut pas conseiller au cultivateur l'emploi de pareils produits, leur prix étant presque toujours beaucoup au-dessus de leur valeur alimentaire.

D'ailleurs, les expériences entreprises avec la lactina dans l'élevage du veau, là où elle est particulièrement recommandée par le fabricant, ces expériences, disons-nous, lui ont été défavorables (Sanson et Duterte, *Journal de l'Agriculture*, 1882).

	FARINE DE					
	RIZ.			MAÏS.		
	I	II	III	I	II	III (22)
Eau	11.30	11.87	10.58	13.38	14.72	17.94
Matières albuminoïdes	9.78	11.69	9.90	10.64	8.79	8.51
Matières grasses. . .	8.02	8.04	9.82	4.36	3.67	4.69
Matières extractives non azotées . . .	64.46	60.91	51.05	67.83	69.78	66.80
Matières minérales . .	4.48	5.03	9.76	1.89	1.69	0.82
Cellulose	1.96	2.46	8.89	1.90	1.35	1.24
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	SON DE FROMENT					
	FIN.	FIN.	FIN. (23)	GROS.	GROS.	GROS.
Eau	12.71	11.09	12.42	12.54	11.62	12.70
Matières albuminoïdes.	14.27	16.06	15.84	12.94	14.38	13.07
Matières grasses. . .	4.35	4.96	3.41	4.20	3.87	3.15
Matières extractives non azotées . . .	56.19	57.63	60.00	54.59	56.79	61.30
Matières minérales . .	5.27	4.95	4.31	6.93	6.14	3.67
Cellulose	7.21	5.31	4.02	8.80	7.20	6.11
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(22) Maïs blanc d'Amérique concassé.

(23) Vendu dans le commerce sous le nom de « pointe de froment ».

	REMOULAGES DE FROMENT.	SON DE RIZ. (24)	TOURTEAU DE RIZ. (25)	DRÈCHE DE BRASSERIE. (26)	FÉCULE. (27)	RÉSIDUS DE DISTILLERIE DESSÉCHÉS. (28)
Eau	10.16	9.84	10.26	76.36	17.06	9.89
Matières albuminoïdes	13.50	5.32	2.88	7.06	4.95	20.13
Matières grasses . .	3.45	2.42	0.68	2.53	0.89	6.48
Matières extractives non azotées . . .	65.86	38.33	81.80	9.09	66.99	53.99
Matières minérales . .	2.53	10.03	2.48	1.54	6.25	5.48
Cellulose	4.50	34.06	1.90	3.42	3.86	4.03
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(24) Employé fréquemment dans la falsification du tourteau de lin, dont il augmente le titre en cendres et en cellulose en diminuant celui en albumine et en graisse.

(25) Résidu de la fabrication de l'amidon de riz.

(26) Drèches de brasserie à l'état frais. Les matières minérales se composent de 0.41 p. c. d'acide phosphorique, 0.13 p. c. de potasse, 0. 24 p. c. de chaux.

(27) Résidu de la fabrication de la fécule de pommes de terre.

(28) La transformation des résidus de distillerie qui renferment 89 à 91 p. c. d'eau, ainsi que celle des cossettes de sucreries à 95 p c. d'eau, en fourrage concentré, sec, de conservation et de transport faciles, est un problème dont la solution est cherchée depuis quelques années déjà. La dessiccation des premiers s'opère maintenant industriellement à Anvers et si, au point de vue de la composition du produit obtenu, le problème nous paraît favorablement résolu, il faut l'expérience de quelque temps avant de pouvoir se prononcer sur le côté économique de l'opération.

QUATRIÈME PARTIE

TRAVAUX DIVERS

I

NOTE

SUR

LA PRÉSENCE DU CUIVRE DANS LE GENIÈVRE,

LES VINASSES ET LES FUMIERS(1).

Le travail de M. Boussingault(2) sur la présence du cuivre dans le kirsch (*Kirschwasser*) nous engage à soumettre à l'Académie quelques observations que nous avons faites en 1873; elles se rapportent à la présence du cuivre dans le genièvre. Bien que les cas dans lesquels on a constaté la présence de ce métal dans les boissons alcooliques (bières, alcools et fruits à l'eau-de-vie) soient fort nombreux(3), les observations suivantes nous paraissent offrir néanmoins un certain intérêt.

---

(1) Publié dans le *Bull. de l'Acad. royale de Belgique*, 2me série, tome XXXIX (février 1875).

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, tome LXXIX, n° 15, page 832.

(3) CHEVALLIER, *Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires*, 4e édit., pages 87, 96 et 149.

MICHEL LÉVY, *Traité d'hygiène*, tome Ier, page 852.

PAYEN, *Précis de chimie industrielle*, 5e édit., tome II, page 591.

KLENCKE, *Die Verfaelschung der Nahrungsmittel*, pages 301 et 319.

STOLBA, *Jahresbericht für Agriculturchemie*, 1865, page 372.

BRIGEL, *Biedermann's Centralblatt*, 1873, tome II, page 54.

HODGES, *Chemical News*, 1872, page 646.

Au mois de septembre 1873, un industriel nous adressa un échantillon de genièvre avec prière de rechercher les causes de l'altération de ce liquide; fraîchement fabriqué, il était trouble, laiteux, impropre à la consommation; tenu obliquement contre une feuille de papier blanc, il offrait une légère coloration bleue; en outre, il présentait une réaction faiblement acide. Nous croyions d'abord avoir seulement à faire à des huiles de *fusel* (alcools amylique et œnanthylique) qui troublent si souvent les eaux-de-vie obtenues par une fermentation défectueuse ou provenant de la mise en travail de graines altérées, germées ou recouvertes de moisissures produites par une longue conservation dans des greniers humides et mal aérés. Mais, après évaporation d'un demi-litre de genièvre dans une capsule en porcelaine, préalablement lavée à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée, nous remarquions sous la loupe, au milieu d'un léger dépôt brunâtre, de petits prismes brillants rhomboïdaux, d'une couleur verte, qui, humectés d'une goutte d'acide sulfurique, dégagèrent de l'*acide acétique*. La solution acide soumise à un courant d'acide sulfhydrique précipite du *sulfure de cuivre;* celui-ci, redissous dans l'acide azotique, donne alors, avec l'ammoniaque d'une part, une coloration bleue et, avec le ferrocyanure de potassium d'autre part, un précipité brunâtre. Il n'y a donc point de doute que ces cristaux étaient formés d'*acétate de cuivre*. Cette observation fut encore confirmée par un autre fait : d'après les indications de l'industriel, le produit en question, après avoir séjourné quelques mois dans un fût de chêne et après avoir été séparé d'un fort dépôt qui s'était formé pendant ce temps dans le tonneau, devint clair et de très bonne qualité. Ce dépôt, qui fut également soumis à notre examen, était formé par une masse mucilagineuse d'une couleur gris-bleuâtre. Après l'avoir filtré et lavé à l'eau distillée pour déplacer l'alcool adhérent, nous le décomposâmes par l'acide chlorhydrique et nous obtînmes un

liquide jaune-verdâtre dans lequel se trouvait en suspension un précipité jaune floconneux. Séparé par filtration, le liquide donne, outre les réactions du fer, celles du *cuivre;* le précipité est formé d'*acide tannique.* Il se dissout facilement dans l'eau et l'alcool ; sa solution rougit le tournesol et donne notamment la réaction caractéristique avec les sels ferriques. L'acide tannique du bois de chêne avait donc précipité l'acétate de cuivre qui se trouvait dissous dans le genièvre. En effet, le genièvre, séparé du dépôt, était de bon goût, incolore, complètement exempt de cuivre et parfaitement clair, même après qu'il avait été étendu de son volume d'eau. Les huiles essentielles avaient disparu, soit qu'elles eussent été détruites par oxydation (on sait, en effet, que les eaux-de-vie de mauvais goût s'améliorent par une longue conservation), soit qu'elles eussent été entraînées par le dépôt floconneux du tannate de cuivre. Dans ce dernier cas, l'acide tannique aurait non seulement précipité le cuivre, mais il aurait aussi produit une véritable épuration.

Quelque faible que soit la quantité de cuivre qui se trouve accidentellement dissous dans les eaux-de-vie (il faut presque toujours évaporer 1/4 à 1/2 litre pour pouvoir constater avec certitude la présence de ce métal), une consommation répétée d'un genièvre cuivreux peut certainement devenir nuisible à la santé, et il y a des médecins qui attribuent une partie des conséquences funestes de l'abus des boissons alcooliques aux propriétés toxiques des sels de cuivre. Peut-être la présence de cuivre dans les eaux-de-vie n'est-elle pas aussi fréquente qu'on l'admet souvent ; il ne faut pas conclure directement à sa présence lorsqu'une eau-de-vie est légèrement trouble ou bleuâtre ; l'essai chimique seul peut résoudre la question. Et encore est-il nécessaire que le chimiste s'entoure de soins minutieux quant à la pureté de ses réactifs, de son papier à filtrer, etc. Nous rappelons ici les précautions que M. Mel-

sens avait prises[1] lors de ses recherches sur l'absence du cuivre et du plomb dans le sang. Néanmoins les industriels doivent apporter le plus grand soin à la surveillance de la fermentation, pour éviter toute formation d'acide acétique et veiller à l'entretien de la propreté de leurs appareils de cuivre.

Ils savent d'ailleurs depuis longtemps que leurs produits peuvent renfermer du cuivre ; c'est ainsi que s'explique la vieille habitude des distillateurs de jeter quelques morceaux de fer ou de la limaille dans les tonneaux, dans le but de précipiter les sels de cuivre.

Mais la présence des composés de cuivre dans le moût peut devenir également nuisible au bétail qu'on nourrit à l'aide de vinasses. Il faut considérer ici que, dans quelques distilleries où l'on fait l'engraissement, les bœufs consomment jusqu'à 80 à 100 litres de ce résidu par jour et par tête. De plus, les vinasses, qui renferment presque toujours de la glucose non décomposée, peuvent s'enrichir en cuivre par la réduction que celle-ci est à même d'exercer sur les combinaisons cuivriques solubles et parce qu'elles peuvent renfermer, outre l'acide acétique, de l'acide lactique, des acides gras qui attaquent le cuivre, comme l'acide acétique. Occupé de l'analyse d'un échantillon moyen de fumier qui nous a été adressé par une distillerie, nous avons été frappé de constater dans les cendres une forte réaction de cuivre, quoique l'incinération ait été faite avec les soins nécessaires dans une grande capsule en platine et qu'il ait été impossible de trouver une cause accidentelle à laquelle on pût attribuer la présence de ce métal. Nous fîmes alors venir, à quinze jours d'intervalle, deux échantillons de vinasses, où le cuivre fut découvert avec la plus grande facilité. Il est donc permis d'admettre que le cuivre constaté dans le

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1re série, tome XV, page 454.

fumier provenait de l'alambic et avait passé à travers le corps de l'animal, dans les organes duquel une partie de ce métal peut se fixer et se retrouver, puisque le cuivre se localise comme d'autres poisons. Nous relevons cette observation simplement dans le but de fixer l'attention des intéressés sur la présence du cuivre dans les vinasses et sur les inconvénients qui peuvent en résulter.

II

COMPOSITION

DE

LA CHICORÉE TORRÉFIÉE.

La culture de la chicorée occupe en Belgique plusieurs milliers d'hectares.

L'importance de la production de la chicorée torréfiée, d'une part, les tentatives fréquentes de falsifier le plus important des succédanés du café, d'autre part, ont été la cause que les chimistes se sont fréquemment occupés de l'analyse de cette substance. Les traités sur les matières alimentaires de l'homme et ceux sur leur analyse chimique et microscopique renseignent de nombreuses recherches ayant pour but de fournir des bases d'appréciation de la pureté de ce produit. Mais ces travaux se bornent presque exclusivement au dosage de l'eau, de la cendre, de la partie soluble dans l'eau, ou à l'examen miscroscopique.

Il nous a donc paru utile de publier les analyses complètes de deux échantillons de chicorée pure, qui ont été exécutées, il y a quelque temps, au laboratoire de la Station agricole. Elles peuvent servir de base pour apprécier la valeur nutritive de cet aliment, dont les classes peu aisées surtout font une si grande consommation et qui est, lorsqu'on examine la composition de la partie soluble dans l'oau, plus grande qu'on est ordinairement tenté de

l'admettre. Ces analyses peuvent aussi servir de types de comparaison lors de l'examen de chicorées suspectes.

Échantillons de chicorée prélevés par un commissaire de police dans une fabrique de chicorée.

N° I. — En semoule.

	Eau (perte à 100-105° C.)	16.28
57.96 p. c. de matières solubles dans l'eau chaude.	Sucre de glucose	26.12
	Dextrine, gomme, inuline	9.63
	Matières albuminoïdes	3.23
	Matières minérales	2.58
	Matières colorantes et amères	16.40
25.76 p. c. de matières insolubles.	Matières albuminoïdes	3.15
	Matières minérales	4.58
	Matières grasses	5.71
	Cellulose	12.32
		100.00

N° II. — En poudre.

	Eau (perte à 100-105°C.)	16.96
56.90 p. c. de matières solubles dans l'eau chaude.	Sucre de glucose	23.79
	Dextrine, gomme, inuline	9.31
	Matières albuminoïdes	3.66
	Matières minérales	2.55
	Matières colorantes et amères	17.59
26.14 p. c. de matières insolubles.	Matières albuminoïdes	2.98
	Matières minérales	5.87
	Matières grasses	3.92
	Cellulose	13.37
		100.00

Les deux échantillons de chicorée avaient une odeur aromatique, rappelant le caramel, un goût légèrement sucré et agréablement amer; la réaction d'une décoction était franchement acide; ils étaient exempts de déchets d'amidon ou de farine, de tan et de tourbe, dont la présence fréquente dans la chicorée a été signalée en premier lieu par M. Swartz[1]. Le résidu épuisé, traité au chlorure de

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, tome XXXI, n° 5.

calcium et examiné au microscope, montrait nettement les vaisseaux ponctués de la racine de chicorée.

Le titre respectif de 8.42 et de 7.16 p. c. de cendres (1) (matières minérales solubles dans l'eau + celles insolubles dans l'eau), qui est un peu plus élevé que celui que l'on constate habituellement dans les chicorées pures, pourrait faire penser un instant soit à une falsification, soit à une préparation défectueuse. Mais la cendre étant presque blanche, l'analyse chimique et l'examen microscopique ayant relevé tous les caractères d'une bonne chicorée, nous devons abandonner toute espèce de doute à cet égard. Dans l'interprétation des chiffres d'une analyse quantitative, il faut, en effet, bien se garder de tirer des conclusions d'un seul chiffre qui s'écarte peut-être un peu du titre constaté habituellement, tandis que tous les autres résultats correspondent à la composition moyenne d'un produit de bonne qualité. Ce point ne doit pas être perdu de vue, surtout lors de l'appréciation de la qualité d'une chicorée en voulant prendre le dosage de la cendre comme base, l'opinion des auteurs sur le titre admissible en cendres de la chicorée variant considérablement. La limite au-dessus de laquelle la chicorée torréfiée du commerce doit être considérée comme défectueuse est, par exemple, d'après :

Swartz.	6.5 p. c.
Klencke	7.0 p. c.
Hager	6.0 p. c.
Chevallier fils	7 à 8 p. c. (pour les semoules).
Chevallier fils	10 à 12 p. c. (pour la poudre).

La difficulté réelle de débarrasser complètement, par un

(1) Nous avons analysé un autre échantillon de chicorée torréfiée que nous considérons également comme non falsifié, quoique le titre en cendre monte à 8.40 p. c. Il renfermait 52.84 p. c. de matières solubles dans l'eau et 5.65 p. c. de matières azotées. L'analyse qualitative et microscopique n'y a rien dévoilé d'anormal.



lavage industriel, la racine de chicorée de la terre ou du sable qui y adhère, a été la cause que les tribunaux français ont dû passer sur les circulaires ministérielles de 1853 et de 1854 qui disent : « Lorsque le café-chicorée est pur et qu'il est convenablement fabriqué, il donne 5 à 6 p. c. au plus, après incinération, d'une cendre qui est de couleur grisâtre. Si donc un échantillon essayé donne plus, cette augmentation devra être attribuée à la présence d'une matière étrangère. » Ils ont dû accepter le chiffre de 10 à 12 p. c.[1]. Quoique la limite de 12 p. c., comme le trouve aussi M. Girard, chimiste du laboratoire hygiénique de Paris, nous paraisse trop élevée, nous sommes d'avis qu'il est impossible de considérer le dosage des cendres, lorsqu'il fournit des chiffres entre 5 et 10 p. c., comme un critérium pouvant, à lui seul, permettre d'apprécier la qualité d'une chicorée. C'est, comme nous le disions plus haut, sur l'ensemble des renseignements fournis par l'analyse chimique et microscopique que l'expert doit baser son appréciation.

---

(1) *Documents sur la falsification des matières alimentaires publiés par la Préfecture de police;* Paris, 1882, page 372.

III

FALSIFICATION

DE

LA GRAINE DE LIN IMPORTÉE DE RIGA[1].

Différents comices agricoles de Belgique ont demandé le rétablissement des mesures prises en 1847 pour prévenir la falsification de la graine de lin importée de Riga. Ces mesures ont été supprimées en 1864, parce qu'elles ne produisaient aucun résultat efficace.

Voici le rapport que nous avons adressé, sur sa demande, à M. le Ministre de l'intérieur concernant la question soulevée par les comices agricoles :

« La vieille renommée du lin belge est, pour une large part, sous la dépendance de l'emploi d'une bonne graine appropriée à la production de la filasse, graine connue dans le commerce sous le nom de « graine de tonne de Riga ». Mais, quelles que puissent être l'importance de la question de l'origine de la graine employée par l'agriculture belge et l'opinion que l'on professe sur l'opportunité de l'intervention de l'État dans le contrôle des matières premières ou des produits agricoles, il est évident que l'on ne peut souhaiter l'organisation d'un contrôle de ce genre que lorsqu'il est pratiquement possible et lorsque

(1) Rapport adressé à M. le Ministre de l'intérieur ; *Moniteur belge*, 1881.

ce contrôle peut réellement atteindre le but pour lequel on l'établit.

« Le Gouvernement ne peut, en effet, engager sa responsabilité qu'à la condition que les mesures qu'il prend offrent une garantie sérieuse qu'aucune erreur, aucune fraude commerciale, aucune falsification ne soit possible. Si les mesures auxquelles le Gouvernement prête le prestige de son autorité sont d'une utilité douteuse et illusoire, elles font plus de mal que de bien, car elles sont escomptées par le commerce pour une réclame outrée et ne servent qu'à endormir la vigilance du consommateur. La question qui nous occupe se résume donc ainsi : L'application, par les douaniers, au moment de la déclaration en consommation, d'un plomb ou d'une marque sur les barils, est-elle une garantie sérieuse de l'origine et de la bonne qualité des graines qu'ils contiennent?

« Nous sommes d'avis que non et nous basons notre opinion sur les considérations suivantes :

« 1° Le département de l'agriculture a reconnu, en 1864, d'après les renseignements fournis par une enquête, *que les garanties que l'arrêté royal du* 5 *août* 1857 *avait pour but de donner à l'agriculture ne sont pas efficaces ;*

« 2° Le ministère des finances, se basant sur l'opinion des fonctionnaires de la douane, a reconnu que cette garantie est illusoire et qu'elle a simplement pour effet de fournir à quelques commerçants le monopole de la vente des graines de lin ;

« 3° Les barils marqués, ayant déjà servi, sont rachetés à des prix relativement élevés ou les graines sont vendues avec la condition de retourner les barils ; ceux-ci sont remplis alors avec n'importe quelle graine, qui est revendue comme véritable « graine de tonne », faits signalés aussi dans le *Journal agricole du Brabant-Hainaut* (décembre 1878) ;

« 4° L'application d'un plomb ou d'une marque sur les

barils à l'arrivée du navire n'empêche pas les navires venant de la Baltique de pouvoir charger en route du lin de n'importe quelle provenance ;

« 5° En admettant même que le lin débarqué en Belgique ait été réellement chargé dans le port de Riga, preuve que l'on tend à établir par le cachet que les exportateurs demandent au consul belge d'apposer sur une carte mise à l'intérieur des barils, cette garantie d'exportation ne donne néanmoins aucune certitude que la graine a réellement les qualités recherchées. En effet, l'intérêt de l'agriculture consiste peu à savoir si le lin à semer a été exporté par le port de Riga, preuve de qualité absolument accessoire, car on nous a assuré, par exemple, que l'on vendait pour la Russie de la graine de lin de production allemande, afin de la faire exporter de Riga comme « graine de lin de Riga » ; mais ce qu'il importe de savoir, c'est que la graine provient réellement des provinces russes septentrionales, où l'on récolte la graine renommée pour la production de la filasse, et non des provinces méridionales, produisant une graine absolument impropre à cet usage.

« Ce point nous paraît trop important et trop négligé jusqu'à présent pour ne pas nous y arrêter un instant.

« D'après M. Yermolow(1), la culture du lin en Russie n'embrasse pas moins de 873,000 hectares, dont la moitié à peu près s'étend dans la partie septentrionale, spécialement dans les gouvernements de Pskow, Vitebsk, Tver, Smolensk, Vologda, Yaroslaw, Kostromo, Vladimir et en Livonie, et le reste dans la partie méridionale de la Russie, région des steppes.

« Dans les gouvernements précités, cette culture prime toutes les autres et constitue la principale source de reve-

---

(1) *Mémoires sur la production agricole de la Russie*. Bull. de la Société impériale économique ; Saint-Pétersbourg, 1878.

nus des agriculteurs. C'est de ces contrées que l'illustre Liebig écrivait déjà en 1840 : « En effet, les conditions « telluriques et climatologiques de ces contrées, et notam- « ment un été court et chaud, hâtent la floraison et la « fructification, et les fleurs fécondées simultanément et « uniformément produisent des semences mûres et par- « faites sous tous les rapports. »

« Il y a aussi à considérer qu'outre les avantages extérieurs, les cultivateurs de ces pays font tendre tous les soins culturaux vers ce but : la production de la graine à semer[1]; ils surveillent soigneusement la maturation de la graine, afin de la récolter à la maturité physiologique, et ils emploient de 150 à 200 litres de semence à l'hectare pour obtenir des plantes hautes et droites, ne portant généralement qu'une seule fleur au bout de leur tige unique, tandis que, dans la région des steppes, on n'emploie que 75 à 100 litres de graine produisant des plantes qui se ramifient et portent jusqu'à dix fleurs et même davantage. La graine de lin du Nord, notamment celle du gouvernement de Pskow, est donc la célèbre graine « à filasse » recherchée par toute l'Europe et l'Amérique, tandis que celle des steppes n'est bonne que pour la fabrication de l'huile.

« Les graines sont dirigées vers les ports ; celles des provinces du Nord, principalement vers Riga, mais aussi vers Libau ; celles des steppes vers les ports de la mer Noire, d'où elles sont exportées en Europe pour servir à la fabrication des « tourteaux de lin de la mer Noire ». Si telle est la marche normale, la différence notable entre le prix de la graine de lin du Nord et celle des steppes est la cause qu'en Russie même on trompe sur l'origine des graines. « Malheureusement, dit M. Yermolow[2], une fraude com-

---

(1) PETERMANN, *Recherches sur les graines originaires des hautes latitudes*. (Voir page 187.)

(2) Mémoires cités à la page précédente.

« merciale blâmable, mais assez fréquente, consiste à faire « usage de la graine des steppes pour fabriquer le lin de « Pskow, ce qui peut finir par compromettre la réputation « de la graine de lin de Pskow sur les marchés européens, « si cette fraude persiste. » Cette circonstance ne serait-elle pas plutôt la principale cause — et non la suppression des mesures de contrôle dans les ports belges — de ce qu'il n'est plus possible, comme la section agricole de Wolverthem s'en plaint, de se procurer de la bonne semence de lin de Riga ?

« On sait que le gouvernement russe et la chambre de commerce de Riga font les plus louables efforts pour combattre la fraude dans le commerce des graines de lin, dont l'exportation constitue une des branches les plus importantes du commerce de Riga. Afin de bien nous renseigner sur ces mesures et surtout de pouvoir apprécier jusqu'à quel point elles sont aptes à tranquilliser l'agriculture belge, justement préoccupée, nous nous sommes mis en rapport avec le directeur de la Station agronomique de Riga (M. Thoms) et avec le chef du service de contrôle, chef des *braqueurs* (M. Drachenhauer). C'est avec empressement que ces messieurs ont bien voulu nous fournir des renseignements et des échantillons.

« D'après le règlement de la braque publique, chaque tonneau ou chaque sac doit être examiné, afin de constater si la graine provient des provinces fournissant la bonne graine à filasse et si elle est nettoyée d'une manière satisfaisante, c'est-à-dire si le nombre de mauvaises herbes ne dépasse pas la limite de 2 p. c. (1). La graine examinée est conduite, accompagnée d'un employé, vers le magasin central placé sous la surveillance du chef braqueur, qui

(1) Cette latitude a été fixée en 1861 par le comité administratif de la Bourse de Riga et maintenue dans l'arrêt installant l'examen obligatoire de la graine à semer, daté du 3 décembre 1869.

tient un registre renseignant exactement le nombre de sacs livrés au magasin central ; c'est, du reste, exclusivement dans ces locaux qu'il est permis aux tonneliers de Riga de procéder à l'emballage de la graine de lin. C'est pour cette dernière raison que la chambre de Riga n'approuve pas que quelques maisons belges et irlandaises commencent à charger la graine dans des sacs. Nous voudrions ajouter que le danger d'une avarie et d'un échauffement, si nuisible à la faculté germinative, nous paraît plus grand pour la graine emballée dans des sacs que pour celle mise en tonneaux, danger qui n'est nullement compensé par l'économie que le premier mode d'emballage présente.

« Si les mesures prises par la braque combattent certainement la fraude d'une manière efficace en la rendant plus difficile, il est cependant facile de comprendre qu'elles ne sauraient donner la garantie absolue que toute expédition de graine de lin sortant du port de Riga comme « graine à filasse » (Säesaat) provient réellement des provinces renommées pour cette production. Lorsqu'on tient compte, d'une part, que la quantité de graine de lin à semer exportée du port de Riga était, en 1877, de 183,513 tonnes, vente se concentrant sur quelques semaines de l'automne seulement; d'autre part, que nous avons été informé, de source authentique, qu'une maison belge a chargé en 1880 et 1881 un navire de graine de lin ne se trouvant ni en tonneaux, ni en sacs, on ne nous accusera pas de pessimisme si nous sommes d'avis qu'il s'exporte du port de Riga des graines de lin vendues comme graines à filasse, qui n'ont pas passé par le contrôle public. Ajoutons que la distinction de la mauvaise et de la bonne graine par les braqueurs consiste spécialement dans la recherche des graines de millet et de différentes variétés de *Panicum*, dont la présence constitue le principal caractère du lin des steppes, caractère qu'il est cependant facile aux producteurs de supprimer par un bon triage.

« Il résulte de ce que nous venons d'exposer que le fait seul que la graine de lin sort du port de Riga, qu'elle ait passé par la braque ou non, ne peut constituer une garantie sérieuse de qualité. Par conséquent, tout ce que l'on a proposé dans le but de constater cette provenance est d'une utilité contestable, et le Gouvernement ne peut engager sa responsabilité dans des mesures d'une valeur aussi illusoire que le serait le rétablissement du plombage à l'arrivée dans les ports belges.

« Nous avons examiné ensuite si le plombage, reconnu insuffisant, ne pourrait pas être remplacé avec plus de succès par un examen botanique et microscopique des graines de lin, examen dont on pourrait charger soit les laboratoires agricoles existants, soit des bureaux spéciaux à établir dans nos ports. Trouver des moyens de distinction basés sur les propriétés physiques de la graine ou sur l'analyse botanique des mauvaises herbes qui l'accompagnent permettant de reconnaître assez rapidement l'origine de la graine de lin, aplanirait les difficultés qui surgissent dans le commerce et l'emploi de cette précieuse matière; cela nous mettrait à même de distinguer la graine de lin « à filasse » de celle des steppes et de celle du pays « après tonne » ou « tiercée » (deux ans de culture en Belgique).

« Nous nous sommes attaché, dans ce but, à étudier particulièrement les graines de mauvaises herbes qui accompagnent celle du lin. Ce sont principalement les espèces suivantes : *Camelina dentata*, *Chenopodium album*, *Lolium arvense* et *linicola*, *Polygonum lanceolata*, *Convolvulus persicaria* et *lapathifolium*, *Spergula arvensis*, *Phleum pratense*, *Galeopsis tetrahit*, *Lithospermum arvense*, *Galium aparine*, *Setaria viridis* et *glauca*, *Cuscuta epilinum* et diverses variétés de *Milium* et de *Panicum*. Ces graines se rencontrent aussi bien dans le lin du pays que dans le lin russe, avec la différence que la cameline et la cuscute sont particulièrement abondantes dans le dernier et que le

millet prédomine dans le lin des steppes. Mais, la cameline, comme la cuscute du lin et comme le millet, appartenant aussi à notre flore, il est impossible de tirer de leur présence une conclusion quelconque, d'autant plus que la présence et l'abondance de leurs semences dans un échantillon de graines de lin à examiner dépendent non seulement de la flore du champ producteur, mais surtout des soins plus ou moins grands donnés au nettoyage. D'après M. Thoms, de Riga, les cribleurs sont parfaitement connus en Russie. La distinction de l'origine d'un échantillon de graines de lin par l'analyse botanique des graines de mauvaises herbes ne serait donc possible que dans le cas où la flore des champs de lin de chacun des pays producteurs posséderait une plante caractéristique, manquant ailleurs et formant une graine impossible à séparer par le nettoyage. Les propriétés physiques des graines de lin de divers lieux de production ne présentent pas non plus un moyen de distinction. En général, la graine de lin des steppes est plus grosse, plus bombée, plus pesante, et sa couleur tire plus au rouge que celle de la graine des provinces du Nord, qui est plus aplatie et plus brune; mais tous ces caractères sont souvent peu prononcés et dépendent tellement de l'appréciation individuelle, que le directeur de la Station agricole de Riga, chargé depuis près de dix ans de l'examen botanique et de l'essai germinatif des échantillons de l'établissement de la braque, a, sur notre demande, dû reconnaître « qu'il n'existe aucun moyen certain de distinguer la « bonne graine (à filasse) de la mauvaise graine (steppes) ». Il en est de même quant à la distinction de la graine du pays de celle dite « de tonne ». Nous n'ignorons pas qu'il y a des marchands grainiers et des cultivateurs qui prétendent pouvoir distinguer à simple inspection, par la couleur, la forme, le coulant, etc., les graines d'origines diverses, mais tous ces caractères ne résistent pas devant un examen sérieux. Tel est aussi l'avis de M. Nobbe, directeur de la

Station du contrôle des semences de Tharand, qui a consacré plus de quinze années exclusivement à l'étude des propriétés physiques et physiologiques des semences et qui dit dans son excellent traité (1) : « Qui serait capable « de décider avec *certitude* si un échantillon de graine de « lin est du lin dit « de tonne » ou d' « arrière tonne », ou « de décider s'il provient de Riga, Pernau, Windau, Libau « ou Zeeland ? »

« Les laboratoires agricoles, tout en pouvant rendre des services dans l'examen des graines de lin, en fixant leur pouvoir germinatif, leur degré de pureté et la nature botanique des graines de mauvaises herbes qui les accompagnent, ne peuvent répondre lorsqu'on leur pose la question de l'origine des graines. L'homme de science doit s'abstenir lorsqu'il ne peut baser son jugement que sur des caractères incertains et sur des suppositions vagues.

« Arrivé à cette conclusion peu rassurante que, ni un contrôle par la douane, ni un contrôle scientifique ne peuvent fournir au consommateur une garantie sérieuse de la qualité recherchée dans la graine de lin à semer, il y a lieu de se demander si le cultivateur est absolument abandonné à la bonne foi du marchand grainier. Heureusement, non. L'essai de culture avec la restriction de payer la graine seulement après la récolte, dont la qualité devrait être appréciée par des experts, est là pour le protéger. Le bon sens pratique des Flamands avait trouvé depuis longtemps ce moyen de sauvetage, le seul qui existe pour nous dans la situation actuelle. Mais il est bien loin d'être appliqué fréquemment. Beaucoup de marchands s'y refusent encore, mais leur résistance serait bien vite brisée si cette condition d'achat se généralisait et devenait peu à peu une véritable coutume dans le commerce des graines de lin.

---

(1) *Handbuch der Samenkunde*, page 395.

« Il est à prévoir que la propagation de cette mesure donnerait lieu à de fréquentes contestations pendant les premières années, peut-être même à des procès, et que le cultivateur devrait prendre toutes ses précautions afin de pouvoir fournir, le cas échéant, par témoins ou experts, tous les renseignements nécessaires concernant les opérations culturales : quantité de semence employée, engrais, etc. Mais l'effet heureux de la généralisation du payement après récolte et après constatation par expert n'est pas un instant douteux pour nous : les marchands grainiers seraient obligés de chercher, de leur côté, des garanties de la part des fourniseusrs ; ils reconnaîtraient bien vite que ni le cachet du consul, ni le plomb du douanier, ni l'achat direct dans le port et sur le marché de Riga ne sont une garantie sérieuse d'acquérir de la bonne graine « à filasse », et ils finiraient par acheter la graine sur les lieux de production mêmes, renommés par la qualité de leurs produits. Pourquoi d'ailleurs les sociétés d'agriculture et les sociétés de consommation, telles qu'il en existe plusieurs parmi la population agricole des Flandres, n'en feraient-elles pas autant ? Pourquoi n'enverraient-elles pas des délégués, des hommes de confiance, dans les gouvernements cités plus haut pour acquérir la graine sur pied ou au moment du battage, pour en surveiller ensuite l'emballage et le chargement ? Ne fait-on pas absolument la même chose pour assurer à l'agriculteur-éleveur l'emploi de reproducteurs d'élite ?

« L'achat direct de la graine sur les lieux de production une fois organisé engagerait aussi les intéressés à rechercher s'il n'existe pas ailleurs, et dans des pays plus rapprochés que ne le sont les provinces russes, des contrées se trouvant dans des conditions favorables à la production d'une graine de lin « à filasse ». Déjà la graine de Zeeland fait sur le marché irlandais une concurrence sérieuse à celle de Riga. La situation actuelle du commerce de graines de lin à semer engagera peut-être aussi un de nos agronomes d'initiative

à tenter de produire dans le pays une graine capable de lutter avec la graine « de tonne ». La réussite ne nous paraît nullement impossible. Quoiqu'il soit parfaitement reconnu que les provinces russes d'où nous vient la graine « à filasse » par excellence se trouvent dans des conditions particulièrement favorables à la production des semences et bien que la bonne graine dégénère rapidement en Belgique, nous pensons néanmoins que des essais méritent d'être entrepris dans cette direction. Les résultats obtenus dans l'amélioration, vers un but déterminé, d'autres plantes de la grande culture sont trop frappants pour qu'il soit permis de douter que, par une sélection raisonnée et persévérante, on ne puisse arriver à obtenir dans le pays une graine de lin possédant les qualités tant recherchées dans la véritable graine de tonne. »

IV

POUVOIR GERMINATIF

DE

DEUX ÉCHANTILLONS DE GRAINES DE CAROTTE(1).

Les plaintes résultant de la mauvaise levée des graines employées dans le jardinage sont extrêmement fréquentes. C'est aux insectes et à la sécheresse que l'on est tenté, tout d'abord, d'attribuer le manque des semailles et ce n'est ordinairement que lorsque plusieurs semis successifs, avec les mêmes graines, n'ont pas fourni de levée satisfaisante, qu'on attribue l'insuccès à la mauvaise qualité de la semence. Nous avons eu l'occasion d'examiner deux échantillons de semences de carotte dont les résultats défavorables obtenus dans le germinateur méritent d'être signalés, afin d'attirer l'attention sur l'importance de l'essai des semences potagères.

Les deux échantillons de graines de carotte nous ont été remis, l'un à la fin du mois de juin, l'autre dans le courant de juillet 1877, par un jardinier de Gembloux, qui en avait fait plusieurs semis sans obtenir une levée satisfaisante.

L'échantillon n° I renfermait 12 p. c. d'impuretés, telles que pierres, terre, débris organiques, tiges, graines cassées, etc.; le n° II en renfermait 16 p. c.; leur *degré de pureté* était donc respectivement de 88 et 84 p. c.

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 16 (janvier 1878).



ÉCHANTILLON N° I.

100 graines pures, après avoir été trempées pendant douze heures dans l'eau distillée, ont été placées, le 16 juillet, dans le germinateur de Nobbe. La température moyenne pendant l'essai a été de 18.5° C.

Après	3 jours,	0 graine avait germé.
—	4 —	1 — —
—	5 —	6 graines avaient germé.
—	7 —	28 — —
—	8 —	31 — —
—	9 —	34 — —
—	10 —	36 — —
—	12 —	37 — —
—	14 —	37 — —

L'examen des graines non germées montrait qu'il y en avait 4 pourries. Le relevé de cet essai se chiffre donc par :

4	graines pourries.
59	— non germées.
37	— germées.
100	

Pureté . . . . 88 p. c.
Pouvoir germinatif . . . 37 —
Valeur culturale . . . $= \frac{88 \times 37}{100} = 32.6$

ÉCHANTILLON N° II.

100 graines pures, après avoir été trempées pendant douze heures dans l'eau distillée, ont été placées, le 3 août, dans le germinateur de Nobbe. La température moyenne pendant l'essai a été de 17.6° C.

Après	4 jours,	0 graine avait germé.
—	6 —	13 graines avaient germé.
—	8 —	27 — —
—	10 —	28 — —
—	12 —	31 — —
—	13 —	32 — —
—	15 —	32 — —

L'examen des graines non germées prouvait qu'il y en avait 6 pourries. Le relevé de cet essai nous fournit donc les chiffres suivants :

6	graines	pourries.
62	—	non germées.
32	—	germées.
100		

Pureté . . . . 84 p. c.

Pouvoir germinatif. . . . 32 —

Valeur culturale . . . $= \frac{84 \times 32}{100} = 26.9$

V

POUVOIR GERMINATIF

DE

SEMENCES DE PIN SYLVESTRE.

Nous avons démontré dans des notes précédentes toute l'importance que possède l'essai des graines agricoles et potagères. Il en est de même pour les semences de la sylviculture, et ce d'autant plus que la production des graines de pin sylvestre commence à prendre un certain développement en Belgique.

Produites particulièrement pour l'exportation en Allemagne, ces graines doivent être analysées, n'étant pas reçues sur ce marché sans garantie du pouvoir germinatif.

Voici les résultats obtenus de 1884 à 1885 :

Nos	Pouvoir germinatif.	Nos	Pouvoir germinatif.
1	62 p. c.	9	12 p. c.
2	50 —	10	72 —
3	72 —	11	35 —
4	62 —	12	50 —
5	46 —	13	38 —
6	29 —	14	38 —
7	31 —	15	53 —
8	62 —		

En éliminant les échantillons 6, 7 et 9, qui représentaient des graines très vieilles, dont la matière grasse était en décomposition, et qui, placées dans le germinateur, se couvraient rapidement de moisissures, on arrive aux résultats suivants :

Moyenne :	**53.8** p. c.	de pouvoir germinatif.
Maximum :	72 —	—
Minimum :	35 —	—

VI

MALADIE NOUVELLE

ATTAQUANT LES BETTERAVES(1).

La Station agricole de Gembloux a eu à examiner des betteraves atteintes d'une affection particulière, encore inconnue dans le pays.

Les betteraves qui nous furent envoyées provenaient des environs d'Eghezée; elles avaient donc été récoltées sur des terres fortes appartenant au limon hesbayen. Le champ qui les avait portées était en pleine fertilité; fumé avec 25.000 kilogrammes d'engrais de ferme et 8,000 kilogrammes de chaux avant l'hiver, il reçut encore 800 kilogrammes d'engrais chimique.

Sur les parties de la racine atteintes de la maladie, on voyait des filaments nombreux et enchevêtrés. L'examen que nous en avons fait nous a démontré que ces filaments appartiennent à un champignon du genre *Rhizoctone*.

Les rhizoctones sont des parasites qui se développent sur les racines de certains végétaux et qui constituent pour eux des maladies redoutables. Jusqu'à présent, on avait constaté leur présence sur le safran, la luzerne, etc. Des champs entiers de ces plantes ont été détruits par des rhizoctones. On en a trouvé aussi sur les pommes de terre; mais pas encore, en Belgique, sur les betteraves.

---

(1) Publié dans le *Bull. de la Station agr. exp. de l'État à Gembloux*, n° 4 (février 1873).



Le rhizoctone de la betterave a été étudié d'abord par Tulasne, qui l'a appelé *Rhizoctonia violacea*. Au début de la maladie, on voit apparaître sur les racines une grande quantité de petits filets blanchâtres. Leur couleur se fonce peu à peu, jusqu'à paraître d'un violet foncé. Ces filaments rampent, se divisent, s'anastomosent et finissent par former un tissu épais et serré, une espèce de feutre. C'est ce tissu que l'on appelle, en botanique, le *mycelium*, et c'est de ce mycelium que naissent les champignons. En se développant, le tissu enveloppe de plus en plus les racines, s'étend de proche en proche aux racines voisines et finit par envahir tout un champ. Un temps humide favorise sensiblement l'extension du parasite. D'après MM. Decaisne, Tulasne et Kühn, ce dernier ne constituerait qu'un état transitoire d'un champignon plus complet, qu'on ne connaît pas encore.

Il est aisé de comprendre ce qui doit résulter de la présence de ces filaments autour des racines. Le fonctionnement de celles-ci est enrayé, d'où résulte la pourriture inévitable de la plante si le mal prend une certaine extension.

Afin de montrer que, chez les betteraves examinées, nous avions bien à faire à l'attaque par un champignon et non à une maladie générale de la plante, nous avons séparé les parties malades des parties saines et analysé ces dernières. L'examen du jus provenant des parties non attaquées a donné une composition normale, savoir :

Densité	1.064	
Sucre	129.20	grammes par litre de jus.
Matières non sucrées .	26.80	— —

S'il se fût agi d'une affection inhérente à la betterave même, l'analyse n'eût pas donné de semblables résultats, car la plante tout entière eût été atteinte.

En présence des pertes que la culture de la betterave à sucre peut éprouver par suite de l'extension d'une maladie

aussi grave que celle que nous signalons, nous avons conseillé aux cultivateurs qui l'ont constatée chez eux de prendre les mesures suivantes pour en éviter la réapparition :

Il faut d'aberd brûler toutes les betteraves que l'on suppose atteintes. C'est le seul moyen efficace de détruire le mycelium, qui doit engendrer le champignon, et les spores, qui en assurent la reproduction. Il importe aussi d'éviter la présence des racines malades dans les silos et de prendre bien soin de ne pas les employer pour porte-graines.

L'année suivante et même les années postérieures, on ne devra cultiver, sur la terre où l'on a constaté la maladie, aucune des plantes que le rhizoctone peut attaquer : ainsi, ni luzerne, ni pomme de terre, ni betterave, ni safran.

VII

NOUVEL APPAREIL

POUR

LE DOSAGE DE LA GRAISSE[1].

Les nombreux inconvénients que présentent les appareils en usage dans les laboratoires et les usines pour doser l'huile des graines oléagineuses ou des matières alimentaires (tourteaux, farines, sons), la lenteur des procédés employés jusqu'ici, ou la perte en éther, ou l'insuffisance de l'extraction, ont engagé M. Simon, préparateur à la Station agricole, à construire un nouvel appareil. Celui-ci remplit parfaitement son but par l'exactitude des résultats, la simplicité de son fonctionnement et de sa construction, qui permet à chaque chimiste de le monter avec le matériel que l'on possède dans tout laboratoire. Il est en usage dans notre laboratoire et dans plusieurs autres depuis le commencement de 1873 et, malgré la construction de plusieurs autres appareils, nous n'avons eu aucune raison de le remplacer par l'un ou l'autre des extracteurs construits depuis par d'autres chimistes.

L'appareil (voir fig. 6) se compose d'un ballon à fond

(1) Publié dans le *Zeitschrift für analytische Chemie von Fresenius*, 1873, page 180.

rond *A*, dont le bouchon en liége est traversé par un tube droit *d*, entouré du réfrigérant *C*. Le ballon est encore muni d'un second tube *b*, courbé et plongeant jusque près du fond du ballon *A*. L'extrémité du tube *b* est garnie d'un filtre *a* préparé comme suit ; on applique sur l'ouverture du tube

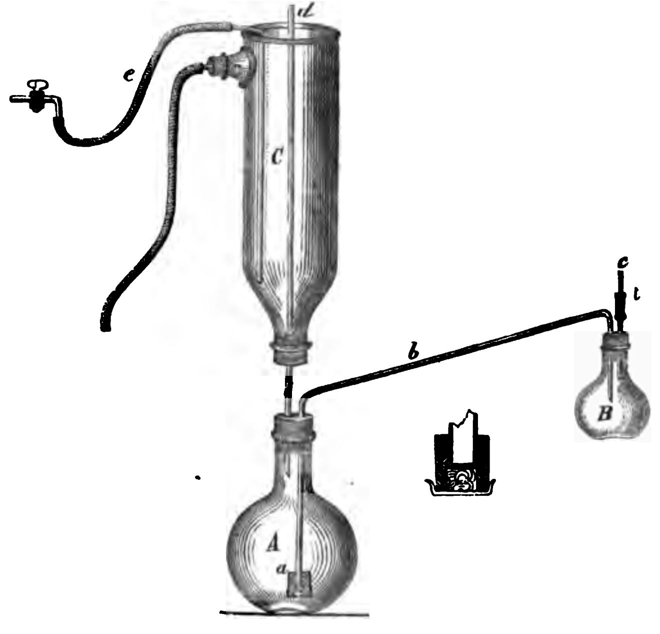


Fig. 6.

un morceau de toile fine ou de flanelle, sur lequel on fait glisser, jusqu'à la moitié de sa longueur, un bouchon en liége percé d'un bout à l'autre.

L'intérieur de la partie du bouchon qui dépasse le tube est ensuite rempli avec du coton et on couvre le tout avec un deuxième morceau de toile fine. Par cette simple disposition, on retient les parties solides qui pourraient être entraînées par l'éther employé à l'épuisement.

Le tube *b* est faiblement incliné et communique avec le

petit ballon taré *B*, dont le bouchon porte un second tube *c*, qu'on peut fermer à l'aide d'un petit bouchon *t*.

La substance à analyser, par exemple 5 grammes d'un tourteau réduit en poudre[1], est introduite dans le ballon *A*, après quoi on ajoute 300 à 400 centimètres cubes d'éther et on ferme. On chauffe ensuite le ballon au bain-marie et on fait passer un courant d'eau froide par le réfrigérant, en mettant simplement le tuyau en caoutchouc *e* en communication avec un robinet à eau. Lorsque l'éther a été tenu en ébullition pendant un quart d'heure, on arrête le courant d'eau froide, on ferme le tube *d* à l'aide d'un bouchon, tandis qu'on ouvre le tube *c*. Le fonctionnement de l'appareil est alors le suivant :

Au fur et à mesure que le tube *d* se réchauffe, la condensation des vapeurs d'éther diminue et leur tension devient si grande qu'elle fait monter l'éther chargé de graisse par le tube *b* dans le ballon *B*. Lorsque l'appareil est bien monté et l'opération bien dirigée, l'éther passe entièrement dans le ballon *B* et la matière épuisée devient complètement sèche.

Lorsqu'on veut se servir de l'éther du ballon *B* pour répéter l'extraction, on ferme le tube *c*, on ouvre *d*, on rétablit le courant d'eau dans le réfrigérant et on chauffe le ballon *B* au bain-marie. L'éther retourne alors par distillation dans le ballon *A*, ses vapeurs produisent une imprégnation parfaite de toute la masse, car elles se condensent dans les pores de la matière même.

Si l'on répète trois fois de suite les deux opérations que nous venons de décrire, l'extraction est complète. On voit que ces trois extractions avec la même quantité d'éther,

---

(1) Lorsqu'il s'agit de matières très riches en graisse ou de matières réduites en poudre impalpable, par exemple de farines alimentaires pour l'homme, nous avons recommandé, il y a quelques années déjà, de les mélanger avec une ou deux fois leur volume de sable lavé et calciné. (*Landw. Versuchsstationen*, tome XXIV.)

produiront le même effet que si l'on avait traité la matière employée par un litre du même liquide.

La dernière de ces opérations sert déjà pour laver le ballon *A*, le filtre de coton et le tube *b*; elle enlève ainsi les dernières traces de graisse.

On arrive au même résultat en modifiant la marche de l'opération de la façon suivante :

Au lieu de faire remonter par pression l'éther chargé de graisse du ballon *A* dans le ballon *B*, on peut l'amener dans ce dernier en y faisant le vide. Pour cela, on verse dans le ballon *B* quelques gouttes d'éther, puis on l'adapte à l'appareil. On le chauffe au bain-marie : l'éther se vaporise et entraîne l'air du ballon. Lorsque tout l'éther est venu se condenser dans le ballon *A*, on enlève le bain-marie; les vapeurs d'éther restées dans le ballon *B* se condensent et produisent un vide suffisant pour y amener tout l'éther chargé de graisse du ballon *B*.

Dans cette seconde marche opératoire, le tube *c* ne présente plus aucune utilité et peut être supprimé.

L'extraction finie, on n'a qu'à séparer la matière grasse de l'éther par distillation et à dessécher la graisse à 100° C. jusqu'à poids constant.

S'il s'agit de faire une série de dosages, il est très avantageux de choisir un ballon *A* de rechange et au moins trois ballons *B* de la même ouverture. En effet, en prenant cette précaution, on n'a qu'à remplacer, lorsqu'une analyse est finie, le ballon *A* par un autre, renfermant la matière servant à une seconde analyse, et on redistille l'éther du ballon *B* dans le ballon *A*. Cela fait, on remplace le ballon *B* par un autre, également taré, et qui sert à recueillir la graisse d'un second dosage. Aucun des autres appareils connus, Schloesing, Soxhlet, etc., ne présente cet avantage.

Cette disposition simple permet d'exécuter quatre à cinq dosages de graisse pendant une journée de sept heures de travail, avec une quantité très minime d'éther.

VIII

COMPOSITION

DE QUELQUES SOLS BELGES.

Nous avons réuni dans le tableau suivant une série d'analyses de sols faites avec des échantillons provenant de différents endroits du pays. Le tableau est dressé d'après la classification adoptée par M. Malaise, dans son travail : *La Belgique agricole;* les analyses sont parfaitement comparables entre elles, elles ont été exécutées rigoureusement d'après la même méthode, dont voici la marche sommaire : La terre, telle qu'elle arrive, est séchée pendant trois fois vingt-quatre heures à l'air, dans une place non chauffée et à l'abri de la poussière; elle est ensuite émiettée à la main, mélangée intimement et passée à travers un tamis dont les mailles ont 0,5 millimètre d'ouverture. Ce qui passe forme la terre fine séchée à l'air, sur laquelle on exécute l'analyse chimique et la séparation mécanique dans l'appareil de Noebel [1]. Ce qui reste sur le tamis se compose de débris organiques de toute nature (racines, etc.), de gravier, de débris de roche et de grosses pierres. Nous avons fixé pour quelques-uns des échantillons le pouvoir absorbant pour l'eau et le poids spécifique (poids d'un litre de terre).

---

(1) Nous nous servons maintenant de la méthode de M. Schloesing pour la séparation de l'argile du sable.



En ce qui concerne le peu d'utilité immédiate que présente, pour la pratique, sauf dans des cas spéciaux, l'analyse du sol, nous renvoyons à ce que nous avons dit page 6. Cette réserve faite, nous espérons, le jour venu où les analyses complètes de terre faites d'une manière uniforme ne se chiffreront plus par dizaines, mais par centaines, que ces analyses seront d'un puissant concours pour l'exécution de cartes agronomiques détaillées, dont l'utilité n'est plus à démontrer. C'est surtout à ce titre que nous publions ces premières analyses.

Pour permettre de se faire une idée approximative de la proportion que les principaux éléments nutritifs atteignent dans le sol arable belge, nous avons ajouté la quantité d'azote, d'acide phosphorique, de chaux, de magnésie et de potasse que renferme la terre fine de la couche arable d'un hectare jusqu'à la profondeur de 20 centimètres.

	ZONE des POLDERS.		ZONE SABLONNEUSE			
	RIVES naturelles de l'Escaut.	POLDERS.	BRUGES.	TERMONDE.	CAMPINE. Sol vierge.	CAMPINE.
I. — Ana						
Résidu sur le tamis de 0.5m/m	0	0	2.5	0	—	-
Terre fine	100	100	97.5	100	—	-
La terre fine se compose de :						
Sable gros	83.46	79.53	94.77	86.96	—	
Sable fin (argileux)	8.79	11.23	3.90	7.65	—	
Argile	7.75	9.24	1.33	5.39	—	
II. — Analyse chimiq						
Eau (150° C.)	16.83	18.95	22.81	15.38	3.97	
Matières organiques	26.84	22.84	27.95	35.09	8.63	
Oxyde de fer et alumine	11.14	12.96	3.06	5.90	10.58	
Chaux	0.88	1.77	0.64	1.29	1.62	
Magnésie	0.75	1.18	0.61	0.46	3.73	
Soude	0.17	0.13	0.07	0.07	Traces.	0.
Potasse	0.47	0.42	0.13	0.19	1.09	0
Acide phosphorique	0.88	0.53	0.13	0.43	0.19	
— sulfurique	0.27	0.22	0.21	0.27	0.04	Tr
— carbonique	1.66	0.08	0.38	0.72	0.35	P
— silicique	0.12	0.19	0.17	0.11	0.05	(
Chlore	0.04	0.04	0.19	Traces.	—	Tr
Insoluble dans l'acide chlorhydrique à froid (sable, argile, silicates)	939.95	940.69	943.65	940.09	969.75	95
	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000
Azote organique	0.84	0.39	1.26	2.14	Point.	
Azote ammoniacal	0.10	0.09	0 07	0 04	Point.	
Azote nitrique	0.01	Point.	Point.	Point.	Point.	P
Azote total	0.95	0.48	1.33	2.18	—	
Poids d'un litre de terre en grammes.	1386	1492	1196	—	—	—
Pouvoir absorbant pour l'eau, p. c.	21.51	30.05	34.30	—	27.40	—
La terre fine de la couche arable d'un hectare jusqu'						
Azote	2633	1432	3101	5215	—	11
Acide phosphorique	2439	1582	303	1029	454	4
Potasse	1303	1253	303	454	2607	4
Chaux	2439	5282	1493	3086	3874	4
Magnésie	2079	3521	1423	1100	8922	

ZONE LIMONEUSE.	ZONE QUARTZO-SCHISTEUSE.	RÉGION ARDENNAISE.								
GEMBLOUX.	DINANT.	FRAMONT.	PALISEUL. Fond de vallée. Sol d'une prairie.	PALISEUL. Sol d'une pépinière.	PALISEUL. Sous-sol.	PALISEUL. Terre inculte.	SPA. Bruyère.	SPA. Bruyère.	JALHAY. Sapinière.	JALHAY. Bruyère.
mécanique.										
4.79	2.88	18.52	22.46	32.10	38.80	30.55	9.69	1.48	1.31	23.67
95.21	97.12	81.48	77.54	67 90	61.20	69.45	90.31	98 52	98.69	76.33
:6.07	—	—	47.09	—	—	—	—	—	—	—
.59.29	—	—	40.68	—	—	—	—	—	—	—
.64	—	—	12.23	—	—	—	—	—	—	—
…00 parties de terre fine renferment :										
.22	19.22	38.90	56.40	162.10	112.95	113.50	—	—	—	—
.12	52.88	68.30	76.61	58.25	37.50	65.55	—	—	—	—
.74	13.92	32 00	32.03	39.83	43.83	42.45	—	—	—	—
37	2.71	3.27	2.97	0.80	0.40	0.21	0.23	0.31	0.46	0.27
69	0.03	2.31	3.85	5.00	2.48	0.70	0 33	0.04	1.02	0.65
.23	0.15	0.25	0.47	0.97	0.48	1.14	—	—	—	—
76	0.44	0.22	0.42	0.53	0.40	0.45	0.67	0 57	0.85	0 32
0.65	0.38	0.65	0.75	0.63	0.50	0.80	0.12	0.44	0.14	0.38
0.26	1.19	0.33	0.40	0.35	0.45	0.41	—	—	—	—
0.56	1.08	Traces.	0.80				—	—	—	—
0.30	0.12	0.69	0.04	Traces	Traces.	Traces.	—	—	—	—
Traces.	Traces.	0.03	Traces.				—	—	—	—
929.10	907.88	853.05	825.26	731.54	801.01	774.69	—	—	—	—
1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	—	—	—	—
0.20		1.97	3.71	2.27	0.67	2.96	0.69	4.16	12.31	1.99
0.07	1.54	0.15	0.07	0.11	0.06	0.10	0.07	0.08	0.19	0.04
0.03		0.05	0 16	0.02	0.01	0.01	—	—		
0.30	1.51	2.17	3.94	2.40	0.74	3.07	0.76	4.24	12.50	2.03
1305	—	1076	1021	—	—	—	—	—	—	—
43.75	48.80	57.73	60.27	—	—	—	—	—	—	—
profondeur de 20 centimètres renferme en kilogrammes :										
745	3903	3805	6238	3328	925	4354	1402	8530	25191	3164
1616	963	1140	1188	873	625	1135	221	885	282	592
1889	1115	386	665	735	500	638	1235	1147	1713	498
5890	6869	5734	4703	6933	500	298	424	624	980	421
4200	76	4050	6096	1345	3099	992	609	81	2056	1013

X. — RELEVÉ

DES

ANALYSES DE BETTERAVES A SUCRE

faites à la Station agricole de Gembloux de 1875 à 1885.

ANNÉES.	NOMBRE des analyses.	Sucre en poids de la betterave. MINIMUM.	MAXIMUM.	MOYENNE.	QUOTIENT DE PURETÉ MOYEN.
		P. C.	P. C.	P. C.	
1875	64	8.38	12.66	10.17	81.9
1876	52	6.93	11.56	9.61	80.1
1877	96	9.05	14.85	12.60	86.6
1878	315	6.22	14.01	11.08	85.6
1879	430	6.96	13.66	10.98	85.8
1880	588	3.70	12.85	9.55	83.1
1881	462	7.51	15.00	11.05	83.6
1882	524	7.00	13.76	10.69	84.0
1883	717	6.48	15.50	11.23	83.2
1884	744	6.75	14.16	10.87	81.7
1885	394	7.59	17.05	12.27	84.1

Ouvrages du même Auteur, en vente à la librairie MAYOLEZ, à Bruxelles.

Petermann (A.). **La composition moyenne des plantes cultivées**. Tableau à l'usage de l'enseignement et du cultivateur. Notice in-8° de 8 pages, avec grand tableau chromolithographié. 3e édition . . . . . fr. 2 50

— **De gemiddelde samenstelling der voornaamste landbouwgewassen.** Tabel ten gebruike van onderwijs en landbouw. Beschrijving in 8 bladzijden in-8°, met eene groote tabel in chromosteendruk . . . . fr. 2 50

— **Les engrais chimiques et les matières fertilisantes** à l'Exposition universelle de Vienne en 1873. In-8° de 64 pages . . . . fr. 2 »

— **La composition moyenne des matières fertilisantes du commerce.** Tableau à l'usage de l'enseignement et du cultivateur. Notice in-8° de 8 pages, avec un grand tableau chromolithographié . . . . . . fr. 2 50

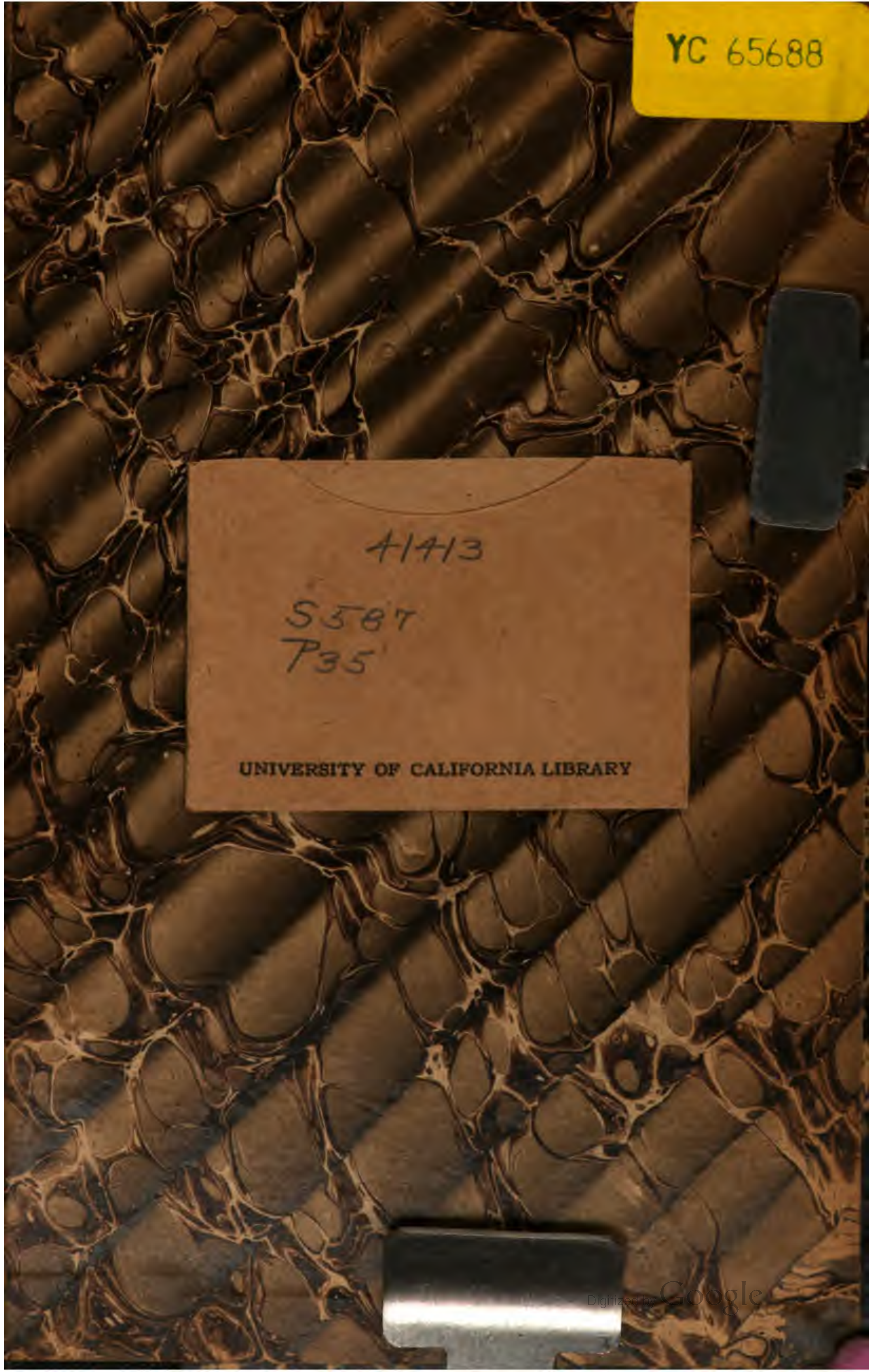
— **De gemiddelde samenstelling der vruchtbaarmakende stoffen die in den handel voorkomen.** Beschrijving in 8 bladzijden in-8°, met eene groote tabel in chromosteendruk . . . . fr. 2 50

— **Exposition universelle de 1878.** Rapports publiés par la Commission belge. Des matières fertilisantes. In-8° de 48 pages . . . . fr. 1 50

— Station agricole de Gembloux (1872-1877). Création, organisation, travaux. In-8° de 40 pages . . . fr. 2 »






YC 65688
41413
S587
P35
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
Digitized by Google

